FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE TOURS

ANNÉE 1967

N° 28

THÈSE

pour le

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

Par

MICHEL LÉGLISE

Né le 23 Juillet 1942, à SAINT-SYMPHORIEN (I.-et-L.)

Présentée et soutenue publiquement le Vendredi 27 Octobre 1967

TITRE :

- DE L'EXPLORATION CARDIAQUE DE L'EFFORT
- DE L'INTÉRÊT DE L'ÉLECTROCARDIOGRAMME
- APPLICATIONS EN MÉDECINE SPORTIVE

Président de Thèse :

M. le Professeur J. VACHER

Membres du Jury :

M. le Doyen G. DESBUQUOIS
M. le Professeur G. CROUZAT-REYNES
M^lle^ le Professeur M. BROCHIER

Imp. A. COLLINET
38, Rue Champoiseau
TOURS — 1967

29 Rap. Bres
Leyde

FACULTE MIXTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DE TOURS

Année 1967 N°

T H E S E

pour le

DOCTORAT en MEDECINE
(Diplôme d'Etat)

par

Michel LEGLISE
né le 23 juillet 1942 à Saint Symphorien (I&L)

Présentée et soutenue publiquement le vendredi 27 octobre 1967

TITRE

- De l'exploration cardiaque de l'effort
- De l'interêt de l'électrocardiogramme
- Applications en médecine sportive

Président de Thèse

Monsieur le Professeur J. VACHER

Membres du Jury

Monsieur le Doyen G. DESBUQUOIS
Monsieur le Professeur G. CROUZAT-REYNES
Mademoiselle le Professeur M. BROCHIER

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DE TOURS

Doyen : Professeur G. DESBUQUOIS
Assesseur : Professeur M.A. DURAND
Doyen Honoraire : Professeur E. ARON

ARDOUIN	Oto-Rhino-Laryngologie
ARNAUD	Bactériologie
ARON	Clinique Médicale
BARRE	Chimie Pharmacie
BOULARD	Hygiène & Hydrologie
Mle BROCHIER	Séméiologie Médicale
COMBESCOT	Zoologie & Parasitologie
CROUZAT-REYNES	Physique Pharmaceutique
DESBUQUOIS	Clinique Médicale Infantile
DURAND	Matière Médicale
GARESTIER	Botanique & Biologie Végétale
GAUTIER	Thérapeutique
GOUAZE	Anatomie
GRECO	Séméiologie Chirurgicale
HUSSENSTEIN	Clinique Chirurgicale Orthopé
JOBARD	Anatomie Pathologique
LARMANDE	Ophtalmologie
LIEFFRING	Technique Opératoire
MAILLET	Histologie
RAYNAUD	Pathologie Médicale
RENOUX	Immunologie
RICHARD	Clinique Obstétricale & Gynécologique
ROUZAUD	Clinique Neuro-Psychiatrique
THOUVENOT	Physiologie
VACHER	Médecine du Travail et Réadaptation
VANDOOREN	Pathologie Chirurgicale
VIALARD-GOUDOU	Pharmacie Galénique
VIALLE	Clinique Chirurgicale
WEILL	Chimie Biologique

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549621_0011

PROFESSEURS A TITRE PERSONNEL

COMBE	Pédiatrie
VARGUES	Bactériologie.

PROFESSEURS SANS CHAIRE

CASTAING	Orthopédie
Mme FOUSSARD	Pharmacodynamie
Mle HALOT	Chimie Analytique
NEEL	Pathologie Expérimentale
SIZARET	Neuro-Psychiatrie
SOUTOUL	Anatomie Organogénèse

MAITRES DE CONFERENCES ET AGREGES

BERTRAND	Médecine Générale
BRIZON	Urologie
ECARLAT	Electro-Radiologie
FABIANI	Toxicologie
GLORION	Chirurgie Générale
GRENIER	Maladies Infectieuses
LANFRANCHI	Médecine Générale
LE CHEVALLIER	Rhumatologie
LEROUX	Hématologie
MICHEL	Electro-Radiologie
MORAND	Médecine Générale
MOURAY	Biochimie
NIVIERE	Chimie Pharmacie
QUERE	Ophtalmologie
WINCKLER	Anesthésiologie

FAISANT FONCTION D' AGREGES

GIROUD	Pharmacologie
de HEAULME ;.....	Physique Médicale
de LAUTURE	Hygiène
LUTHIER	Médecine Légale et Sociale
THARANNE	Histologie.

A Monsieur le Professeur J. VACHER
titulaire de la Chaire de Médecine du Travail
et Réadaptation

Qui m'a accueilli avec tant de bienveillance dans son Service ; depuis près de deux années il nous a permis d'utiliser ses locaux, son matériel ; il nous a surtout à maintes reprises fait profiter de ses judicieux conseils et de son aide paternelle et efficace ; il nous a montré comment il avait pu créer dans son Service un climat à la fois presque familial et laborieux.
Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de ma filiale gratitude pour tout ce qu'il m'a enseigné tant sur le plan médical qu'humain.

A tous ses collaborateurs

A Monsieur le Docteur J. M. FOURRE, en témoignage de reconnaissance à un dynamique ainé dans la discipline médico-sportive.

A Monsieur le Professeur G. DESBUQUOIS
Professeur de Clinique Médicale Infantile
Doyen de la Faculté de Médecine et de Pharmacie

Il nous a fait le grand honneur d'accepter d'être de nos juges.
Qu'il soit assuré que nous avons gardé un souvenir marquant de son riche enseignement au Centre de Pédiatrie de Clocheville.
Qu'il trouve ici le témoignage de notre profonde et respectueuse gratitude.

A Monsieur le Professeur G. CROUZAT-REYNES
titulaire de la Chaire de Physique Pharmaceutique

Qui a accepté d'être un de nos juges
Qu'il soit assuré de ma respectueuse sollicitude.

A Mademoiselle le Professeur M. BROCHIER
titulaire de la Chaire de Séméiologie Médicale

Qui nous a toujours accueilli dans son Service avec une bienveillante compréhension et nous a fait bénéficier de sa grande compétence clinique.
En hommage de respectueuse gratitude.

A Monsieur le Professeur agrégé F. PLAS

Qu'il veuille bien considérer ce modeste travail comme un témoignage de ma profonde admiration.

A mes Parents

Que ce travail soit pour eux le témoignage de ma grande reconnaissance et de ma profonde affection.

A ma Fiancée.

A toute ma Famille.

A tous mes camarades de Faculté et des terrains de sport.

A tous mes amis.

DE L' EXPLORATION CARDIAQUE DE L'EFFORT

DE L' INTERET de L' E. C. G.

(Application en Médecine Sportive)

I - INTRODUCTION

II - HISTORIQUE p. 1

III - LES EPREUVES CARDIAQUES DE L'EFFORT

1 - Généralités p. 6
2 - Les épreuves d'effort dynamique p. 11
- rappel physiologique p. 11
- les différents types d'épreuve p. 16
3 - Les épreuves d'effort statique p. 30
- test de Flack
- test d'apnée volontaire en expiration forcée.

IV - L' E. C. G.

1 - l'E. C. G. de repos chez le sportif p. 39
- les fracés classiques
- interprétation des variations physiologiques p. 41
2 - Les épreuves d'effort sous E.C.G. : généralités
méthodes d'enregistrement p. 45
- intérêt p. 48
3 - L'E. C. G. de l'effort dynamique p. 48
4 - L'E. C. G. de l' effort statique p. 54
5 - l'E. C. G. au cours d'efforts prolongés chez le sujet sain. Intérêt dans le diagnostic de la fatigue p. 60
6 - Le problème des blocs incomplets droits p. 69
7 - Les troubles de l'excitabilité et de la conduction (espace PR) p. 79

V - INTERET DE L'EXPLORATION RADIOLOGIQUE p. 88
VI - CONCLUSION p. 95
VII - BIBLIOGRAPHIE p. Bl

Schémas hors-texte.

I - HISTORIQUE

Les antécédents de l'épreuve de l'exercice datent de 1905, époque à laquelle SELIG contrôla la fréquence du pouls d'un individu avant et après lui avoir fait monter des échelons.

En 1906, GRAUPNER put inscrire des courbes de variations de la tension artérielle après des périodes d'exercice musculaire.

En 1920, BAZETT H. et en 1929 WHITE et MUDD se sont référés aux changements de la durée de l'intervalle QT en rapport avec l'exercice physique.

Cette même année, MASTER et OPPENHEIMER proposèrent le test d'effort comme une épreuve servant à la recherche de la suffisance circulatoire, et ils présentèrent les tableaux qu'ils considéraient comme étant des tableaux-types pour des individus normaux.

Plus tard, en 1944, MASTER et coll. considérèrent l'épreuve non seulement comme un indice de la fonction cardiaque, mais aussi comme un indice de l'insuffisance coronaire, et ils étudièrent, suivant leur propre méthode, des sujets normaux, d'autres porteurs de coronariopathies (quelques-uns d'entre eux avec une occlusion coronaire, des valvulopathies chroniques et de l'hypertension artérielle).

En 1948, UNTERMAN et de GRAFF traitèrent de l'effet de l'exercice sur l'électrocardiogramme, en tant qu'épreuve pour le diagnostic de l'insuffisance coronaire. Ils constatèrent que les changements de l'électrocardiogramme après l'exercice physique étaient significatifs chez 40,7 % des patients coronaires, et que ce pourcentage s'élevait à 48,3 % chez les angineux. Un nombre réduit de patients dont le test standard de Master était négatif, donna des résultats positifs quand on employa le test du double effort de Master.

En 1949, BRUCE et coll., et en 1950 HEINEN et LOOSEN, étudièrent le QT corrigé pendant l'épreuve de l'exercice physique chez des sujets normaux.

En 1950, MASTER présenta de nouvelles études sur l'effet produit par l'exercice physique sur l'électrocardiogramme ; il enregistra alors des tracés, au bout de 2 et 6 minutes après l'exercice physique.

Au cours de cette même année, YU et coll. étudièrent l'effet de l'exercice sur l'intervalle QT. En 1951, ils présentèrent les résultats par eux obtenus chez des patients normaux, et chez d'autres porteurs de maladies cardio-pulmonaires. Ils purent en conclure que chez des individus normaux, le QTc se prolongeait au cours de l'exercice physique, se racourcissait pendant la récupération précoce et revenait à sa valeur normale au cours de la récupération tardive. Afin d'enregistrer cette dernière phase, ils effectuèrent le tracé final au bout de 8 minutes. Ils analysèrent enfin les avantages que présente l'enregistrement des dérivations précordiales pendant l'épreuve.

En 1951, LITMAN et RODMAN proposèrent un nouveau type d'exercice pour le diagnostic de l'insuffisance coronaire qui consistait à réaliser un effort sans limite fixée d'avance et en ajoutant un stimulus froid dans les mains du patient, tandis qu'ils le considéraient comme étant une modification de l'exercice de Master.

En 1952, YU et SOFFER étudièrent les changements de l'électrocardiogramme, en employant le test du double effort de Master, et ils émirent alors leur opinion personnelle quant à l'interprétation des résultats. Ces auteurs effectuent plusieurs enregistrements, dont le dernier a lieu au bout de 8 minutes.

En 1956, SIMONSON et KEYS tentèrent la standardisation des réponses électrocardiographiques au test de l'exercice physique en ce qui se réfère à l'électrocardiogramme conventionnel et aux limites supérieure et inférieure des altérations du vecteur moyen spatial de QRS et T.

D'autre part, d'importantes contributions, se référant au thème de l'électrocardiographie au cours de l'exercice physique, reviennent à la cardiologie argentine.

En 1943, MOIA et BATTLE étudièrent l'utilité de l'électrocardiogramme après l'exercice physique, et ils l'effectuèrent pendant la digestion.

En 1947, au cours d'un travail très étendu, BATTRO et ARAYA attirèrent l'attention sur l'importance des dérivations précordiales dans l'électrocardiogramme de l'exercice physique chez les angineux.

En 1950, VEDOYA, NESSI et COPELLO, ont étudié la durée de l'intervalle QT dans l'angor pectoris, après l'épreuve de l'exercice physique. L'exercice consistait à élever du sol, jusqu'à une hauteur de 0 m 70, deux sacs de sable pesant chacun 5 kgs, et celà à un rythme de 50 à 60 mouvements par minute. D'après les résultats qu'ils obtinrent chez des individus normaux, l'effort ne modifie pas la durée de l'intervalle QTc. D'autre part, ils firent remarquer qu'ils avaient trouvé des chiffres relativement prolongés du QTc, arrivant à obtenir une valeur moyenne de O,413 chez des sujets normaux.

En 1953, SKIBINSKI, ALVAREZ et MALINOW, utilisèrent le test du double effort de Master, et enregistrèrent les contrôles électrocardiographiques au bout de la première et de la troisième minute, et certaines fois, jusqu'à 5 minutes après ; ils étudièrent les modifications produites chez 62 malades hypertendus n'ayant pas de signes cliniques de coronariopathies.

En 1954, en étudiant 60 sujets normaux, 60 angineux et 30 affectés d'infarctus, VILLAMIL, FRANCO et BUZZI, analysèrent les modifications de la systole électrique et du gradient ventriculaire.

Cette même année-là, une autre publication provenant des mêmes auteurs mit en lumière les modifications du QTc, produites par l'épreuve de Master chez des patients hypertendus. Ces auteurs conclurent leur travail en disant que,

chez les sujets atteints de cardiopathie hypertensive, la mesure de l'intervalle QTc est un indice important pour la présomption diagnostique de l'insuffisance coronaire.

En 1959, C. MOUTZITHROPOULOS étudia les variations de l'électrocardiogramme dans les tests de Schellong-Schneider Kretschmer et le two-step test pour l'appréciation de la "capacité physique".

Puis vint l'ère du radio-électrocardiogramme ; les écoles japonaises, italiennes et américaines s'intéressèrent les premières à cette nouvelle technique. Les japonais, avec H. SASAMOTO et KUBOTA, les américains avec BELLET et MULLER de Philadelphie, W. TOLLES et ABARQUEZ de New-York, BORKSON de Chicago et DELIYIANNIS, les anglais avec Lloyd THOMAS de Londres, les italiens avec GIUSTI, CHERCHI, LENTI, l'école soviétique avec BUTCHENCKO, publièrent les premiers résultats.

Hélas, nous le verrons plus loin, toutes les difficultés techniques sont encore loin d'être résolues.

En France, c'est aux Professeurs CHAILLEY BERT et PLAS et à LECLERC de l' I.N.S. que nous devons les plus importants travaux ; ceux-ci étant particulièrement axés sur les tests médico-sportifs. F. PLAS fut un des seuls à tenter de donner une codification assez précise des variations de l'électrocardiogramme dues à l'effort, il s'est aussi intéressé aux modifications cardio-vasculaires en médecine aéronautique, suivi en cela par Harris et HANSEN de Denver (U.S.A.) et RUMBALL et ACHESON (Grande-Bretagne).

Ces dernières applications des tests cardiaques nous laissent prévoir tout leur intérêt en ùédecine du travail ; des spécialistes de médecine du travail ont étudié ces problèmes, témoins les écoles italiennes (PUDDU et MENOTTI) et soviétiques.

Par ce petit rappel historique nous pouvons voir que l'intérêt des épreuves cardiaques d'effort, touche de très près, des spécialités médicales différentes : en cardiologie classique, lorsque le diagnostic ne peut être posé avec certitude ; en médecine du travail, la surveillance des travailleurs dans leur fonction et en médecine sportive pour le dépistage des cas pathologiques, certes, mais aussi, pour contrôler la forme et les capacités de l'athlète.

II - LES EPREUVES CARDIAQUES DE L' EFFORT

1 - GENERALITES -

Le but de l'exploration cardiaque à l'effort est d'apprécier les possibilités de travail du coeur sans qu'apparaissent des signes de décompensation ou d'insuffisance coronaire. Tous les médecins spécialisés dans le contrôle médico-physiologique de l'éducation physique et du sport, ainsi que la surveillance des capacités en médecine du travail s'accordent à dire que l'exploration physique d'un sujet ne saurait être complète qu'à la condition d'adjoindre aux procédés cliniques habituels, un peu trop statiques, des critères d'ordre dynamique montrant les réactions de l'individu à l'effort.

De même, en pathologie cardiaque courante, les tests d'effort souvent demandés sous E. C. G. peuvent révéler ou étayer un diagnostic. Les épreuves d'aptitude cardiaque fonctionnelle sont en quelque sorte des tests d'adaptation.

Tel sujet dont l'examen classique de repos est tout à fait normal, pourra présenter pour un effort minime des modifications jugées anormales, parce qu'en dehors des normes dites physiologiques, normes précisées, établies par le système des moyennes, et variables selon les tests et selon quelques critères que nous donnerons individuellement pour chaque épreuve.

La cotation des épreuves sera donc :

- soit qualitative, et on donnera des appréciations telles que : très bon test, test moyen, mauvais test...

- soit quantitative, et l'on se référera pour chiffrer à des tables.

Critères généraux d'exécution

Il faut :

- que l'exercice choisi puisse être facilement exécuté dans des lieux différents pendant ou immédiatement après effort avec un matériel aussi peu encombrant que possible, ceci surtout dans les tests médico-sportifs

- que le test soit réalisé, dans un temps et selon un rythme donné précis, durée et rythme donnant l'intensité du travail

- que l'effort puisse être comparable chez tous les sujets, ce qui est très difficile. Certains spécialistes américains et anglais, ont proposés des tests où le sujet lui-même interrompt l'exercice quand il s'estime très essoufflé ou épuisé. On conçoit qu'alors on donne beaucoup trop d'importance aux phénomènes subjectifs
On utilise des efforts très précis, très bien codifiés qui, s'ils ne peuvent pas toujours être comparés avec précision d'un sujet à l'autre, peuvent l'être plus facilement chez un même sujet d'un examen à l'autre

- d'autre part, on ne dira jamais assez qu'il est indispensable que l'épreuve choisie soit correctement exécutée, avec un matériel précis. Prenons l'exemple du Step-Test, nous verrons plus loin que le sujet doit monter 150 fois en 5 mn sur une marche de 50,8 cm ; si la marche ne fait que 45 cm l'erreur totale sera de 8,70 m, ce qui est énorme ; donc les tables données pour la codification ne pourront être utilisées.

La durée des tests

L'Ecole américaine préfère l'effort intense et prolongé (type step-test), et la cotation rigide favorable aux examens de masse, et ne prêtant pas à discussion. Telle est aussi la préférence des militaires de tous pays en raison de la

possibilité de cotation et dans le but plutôt de sélection pour effort violent, que de dépistage.

l'école russe (LETOUNOV) préfère la combinaison d'efforts rapides et d'efforts prolongés ; cette méthode a un grand intérêt pour déterminer l'aptitude de sujets devant être soumis à une épreuve particulièrement dure.

L'école française préfère les épreuves de courte durée et d'intensité modérée, telles que les épreuves de Flack ou de Pachon-Martinet.

PLAS note qu'ainsi on évite l'interférence des réactions secondaires aux épreuves, et l'apparition des troubles métaboliques myocardiques propres aux efforts prolongés ; ceci est surtout important si l'on enregistre l' E.C.G. pendant ou après le test.

Nous verrons d'ailleurs, les modifications E.C.G. dans un chapitre tout à fait à part.

M. CHRISTENSEN a à propos de ces épreuves courtes une objection : les phénomènes chimiques du travail musculaire exécuté durant ces épreuves sont pratiquement anaérobies ; les oxydations n'atteignent leur plein "régime" qu'au bout de 5 ou 6 mn ; donc il préconise des épreuves assez longues. Mais PLAS fait remarquer que cette objection serait tout à fait valable si nous faisions intervenir dans ces épreuves, soit la consommation d' O_2, soit une mesure de la ventilation pulmonaire.

Valeur des tests

Il faut maintenant souligner une notion que nous devrons toujours avoir à l'esprit, tant dans les tests fonctionnels classiques, qu'avec l'enregistrement E.C.G. : "Préconisées tout d'abord pour juger l'aptitude cardiaque, ces épreuves se sont révélées comme de remarquables critères d'aptitude physique générale" (PLAS).

Elles sont un très bon moyen d'évaluation de la résistance physique d'un individu, de sa forme, de son degré d'entrainement, ou d'un stade de "préfatigue", ignorée du sujet. C'est en quelque sorte une approche très discrète, mais réelle de mesure objective de cette notion si subjective qu'est la fatigue. Nous y reviendrons à maintes reprises. Nous ne perdrons néanmoins jamais de vue que ces tests sont réellement d'excellentes épreuves d'aptitude cardiaque, et témoin, l'emploi que certains cardiologues en font chez des sujets suspects de coronarite.

Nous verrons que ces tests pour conserver leur simplicité et leur caractère pratique, ne tiennent compte que du rythme cardiaque et des variations de la tension artérielle. Or, ces éléments sont dépendants étroits du système vago-sympathique ; on explore donc ce système, mais ce dernier nous fournit des renseignements sur l'état cardiaque et l'état général ; nous verrons grâce à l'E. C. G. que la notion de "vagotonie" n'est souvent pas très éloignée de celle de "forme" ; d'autre part, si le système circulatoire est un ensemble soumis et coordonné par le système nerveux autonome, celui-ci ne peut agir que dans certaines limites qui dépendent de l'état de l'organe considéré (PLAS).

Par exemple, sous l'influence d'un travail musculaire, le système nerveux autonome accélère le coeur, mais la réponse sera très variable, selon que l'on aura à faire à un coeur sthénique ou fatigué, ou à un coeur lésé.

Mais ces épreuves laissent néanmoins place à une petite ambiguïté ; en effet, si l'on obtient une réaction de qualité "jugée" mauvaise, on peut reposer la question : fatigue simple ou déficience cardiaque.

Les tests simples seuls ne peuvent répondre à cette question. En fait le problème est un peu différent, car lorsqu'on obtient des résultats qualifiés de "mauvais", on pousse les investigations cliniquement, et à l'aide d'examens complémentaire

les tests fonctionnels d'effort auront au moins eu l'avantage de déclencher ces recherches.

Les deux types de tests cliniques :

1 - tests d'effort statique

C'est l'effort physiologique qui se fait en respiration bloquée. C'est un effort très courant : lever un poids par exemple. On assiste ici à un ralentissement de la circulation, à une élévation des pressions capillaires et artérielles pulmonaires et des cavités cardiaques droites. Donc ce sont des très bons tests pour juger de la valeur des cavités droites.

2 - tests d'effort dynamique

La vitesse circulatoire s'accélère, la pression artérielle pulmonaire monte légèrement, la pression capillaire pulmonaire ne varie pas, car au cours de cet effort, de nouvelles zones pulmonaires s'ouvrent à la circulation, et augmentent la surface de l'hématose pulmonaire, ainsi il n'y a pas d'accroissement de la résistance pulmonaire. De même, nous le reverrons, les zones plus particulièrement au travail présentent une vasodilatation, compensée en quelque sorte par la mise au repos de certains territoires comme le splanchnique, par exemple. Les variations de la T.A. et de la fréquence du pouls rendent compte dans ce type d'effort de l'adaptation circulatoire. On peut donc en étudiant simplement les variations du pouls et de la T.A. voir le mode et la facilité d'adaptation du sujet.

Ces tests tant dynamiques que statiques seront avantageusement associés à l' E.C.G. d'effort de réalisation technique et d'interprétation beaucoup plus délicates, mais d'intérêt au moins aussi grand.

II - LES EPREUVES D'EFFORT DYNAMIQUE -

LES MODIFICATIONS DE LA CIRCULATION PERIPHERIQUE

1 - Adaptation locale dans le territoire au travail

Il y a augmentation des échanges dans les tissus d'ou augmentation du flux circulatoire, qui n'est en fait, jamais suffisant pour éviter la création d'une dette d'O_2. Cette dette se constitue dès les premières minutes du travail, elle se stabilise ensuite, et est payée lors du repos. En effet, l'organisme va constituer sa dette surtout dans la première phase dite d'adaptation, puis surviennent ensuite ce qu'on a appelé le second souffle et le plateau de travail.

Le territoire actif s'isole en une vasodilatation régionale, périphérique qui sera indépendante des réactions centrales. Cette vasodilatation générale atteint, comme l'ont bien notés PLAS et CHAILLEY BERT :

- les capillaires musculaires
- les artérioles musculaires
- les artères des muscles
- l'artère principale du membre.

MALMEJAC résume très bien le problème des modifications circulatoires locales à l'effort :

"En multipliant les expériences à l'aide d'excitations diverses, fortes ou faibles, prolongées ou non, intermittentes ou continues, on constate aisément que l'effet vasculaire local de la contraction musculaire résulte bien du conflit entre un facteur mécanique, la compression des vaisseaux, et l'autre chimique, "dilatateur".

2 - Adaptation générale

DASTRE et MORAT ont montré que toute manifestation vasomotrice importante localisée à un territoire déterminant et suffisant, entraine une réaction vasomotrice de sens inverse dans un autre territoire de l'organisme, c'est le phénomène des balancements circulatoires.

L'augmentation du taux de CO2 dans le sang veineux excite le centre vasoconstricteur bulbaire.

Pendant l'effort prolongé, l'acidose provoquée, vient ajouter ses effets à ceux de l'hypercapnie et il en résulte une vasoconstriction généralisée qui va atteindre :

- surtout le territoire splanchnique
- le secteur cutané, mais seulement au début, ensuite une vasodilatation se produit pour les besoins de la thermolyse.

Mais les circulations coronaires et cérébrales échappent à cette vasoconstriction.

3 - Adaptation de la petite circulation

La facilitation du transfert alvéolocapillaire de l'O2 est le fait de l'accroissement de la surface d'hématose lié à une extension du lit capillaire, et à l'ouverture de zones alvéolaires physiologiquement non fonctionnelles au repos (PLAS).

On comprend donc que l'oxygénation du sang continue à être assurée au maximum, malgré l'accélération de la circulation et la réduction du temps de contact des globules rouges avec les gaz alvéolaires, temps qui selon Denolin passerait de 0,75 à 0,33 " en moyenne ; selon ROUGHTON, la surface capillaire augmenterait à l'effort de 38 à 60 mm2.

LENEGRE et SCEBOT ont montré que la pression capillaire pulmonaire n'augmenterait que de façon très fugace et qu'en fait elle restait dans les limites physiologiques.

La pression dans l'artère pulmonaire, elle, s'élève lors de l'effort.

Pour SANCETTA, la hausse initiale de la pression serait suivie d'une diminution malgré la stabilisation du débit, et COURNAUD note qu'après l'effort la pression tombe au-dessous de la valeur de départ.

La pression systolique, dit DENOLIN, dépasserait la pression critique de fermeture des capillaires physiologiquement non fonctionnels provoquant ainsi leur ouverture, ainsi que celle des shunts artério-veineux. Ce phénomène est donc indépendant des phénomènes vaso-moteurs.

REINDELL note que la pression auriculaire droite moyenne reste constante, de même que la pression de remplissage ventriculaire.

L' EXPLORATION DE L'EFFORT DYNAMIQUE

La tension artérielle

Rappelons que la T.A. minima est liée à la résistance périphérique ; la maxima est fonction de cette résistance et de la force contractile systolique.

La pression différencielle, et PLAS a insisté sur ce point, est l'élément le plus important ; elle indique, comment l'organisme réagit au travail demandé ; elle est la marge entre l'adaptation de la force systolique cardiaque, et la résultante des variations de la résistance vasculaire périphérique. Si, pour un travail inchangé, la différencielle diminue, soit par baisse de la maxima, soit plus souvent par hausse de la minima, c'est le signe de la fatigue, de la défaillance ou "prédéfaillance" de l'organisme.
CHAILLEY BERT et PLAS le soulignent : cela se produit bien avant tout phénomène subjectif ; l'athlète ou le travailleur, se sent en état de continuer la lutte, alors que l'organisme montre par cette modification circulatoire, qu'il est déjà vaincu.

Le retour au calme est un élément très important, il se fait généralement en 2 périodes chez un sujet normal, Nous pouvons le noter sur la courbe suivante, courbe typique d'un sujet bien entraîné, après une course de 5 km (PLAS). (voir figure n°

Chez un sujet non entrainé, après une course de 1500 m, nous voyons une baisse de tension au-dessous de la valeur de départ, et un pouls lent à revenir à la normale. (voir figure)

Chez un autre sujet nettement surentrainé, on note un pincement très net de la différentielle (voir figure)

Nous introduirons ces notions plus loin en proposant quelques tests plus ou moins spécifiques, d'effort dynamique, le plus important étant le test de PACHON MARTINET ; nous constatons que la plupart se résument, certes avec des modalités particulières, à la mesure de la fréquence cardiaque et de la T.A.

Le rythme cardiaque

Sous l'influence du travail musculaire et des exercices physiques, on constate toujours une accélération du rythme cardiaque. L'accélération sera d'autant plus forte que l'on aura affaire à un sujet moins entrainé à ce travail déterminé. Pour un même effort, l'abaissement du plafond d'accélération cardiaque au cours de l'entrainement constitue un critère approximatif. Néanmoins, le pourcentage d'accélération relative est plus important chez l'athlète car il part d'une fréquence plus basse.

D'autre part, le plafond de l'accélération varie en fonction de la modalité d'entrainement ; en effet, s'il s'entraine avec un effort très important, et si ensuite on lui demande l'effort moindre, semblable à celui qu'il avait accompli avant son entrainement, son plafond d'accélération sera plus bas que s'il s'était entrainé avec cet effort premièrement demandé.

L'intensité du travail a aussi une influence sur le mode d'accélération. Avec un travail modéré, le pouls dès la première minute a son régime maximum, puis il diminue un peu à la deuxième minute, et se maintient ensuite en plateau (le travail étant constant).

S'il s'agit d'un travail intense, le pouls s'accélère progressivement pendant les premières minutes selon l'intensité, et se stabilise beaucoup plus tard sous forme d'un plateau. Si le travail est extrêmement intense, le pouls s'accélère continuellement jusqu'à épuisement du sujet.

A titre d'exemple, donnons quelques chiffres empruntés à MERKLEN et PLAS :
à l'arrivée d'une course :

- violente, mais courte (100 m) 140-160/mn
- violente plus prolongée (200-400 m) 200 et plus
- beaucoup moins violente mais prolongée (1500 à 10 000 m) 130-150

Le retour au calme

La durée a une très grande importance. S'il est sensiblement allongé, c'est un signe certain que le sujet est fatigué ou surentrainé. Sur ce principe sont basées les épreuves fonctionnelles.

En fait, MERKLEN par un graphique nous montre que le retour au calme, après un effort ayant donné un passage du pouls de 58 à 125/mn, se fait très fugitivement entre la 2e et la 4e mn, mais qu'en fait le retour définitif ne se fait qu'à la 45e mn. Tout ceci étant bien entendu, fonction de la "qualité" et de la "quantité" de l'effort fourni.
(voir figure)

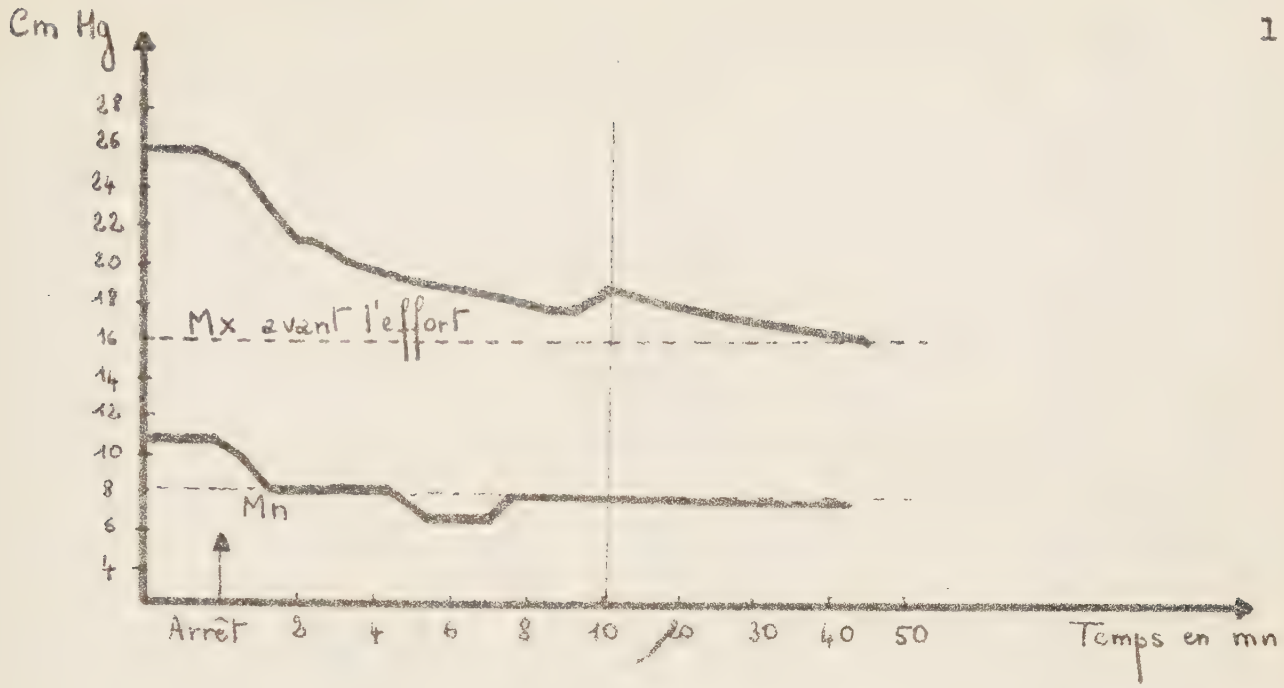
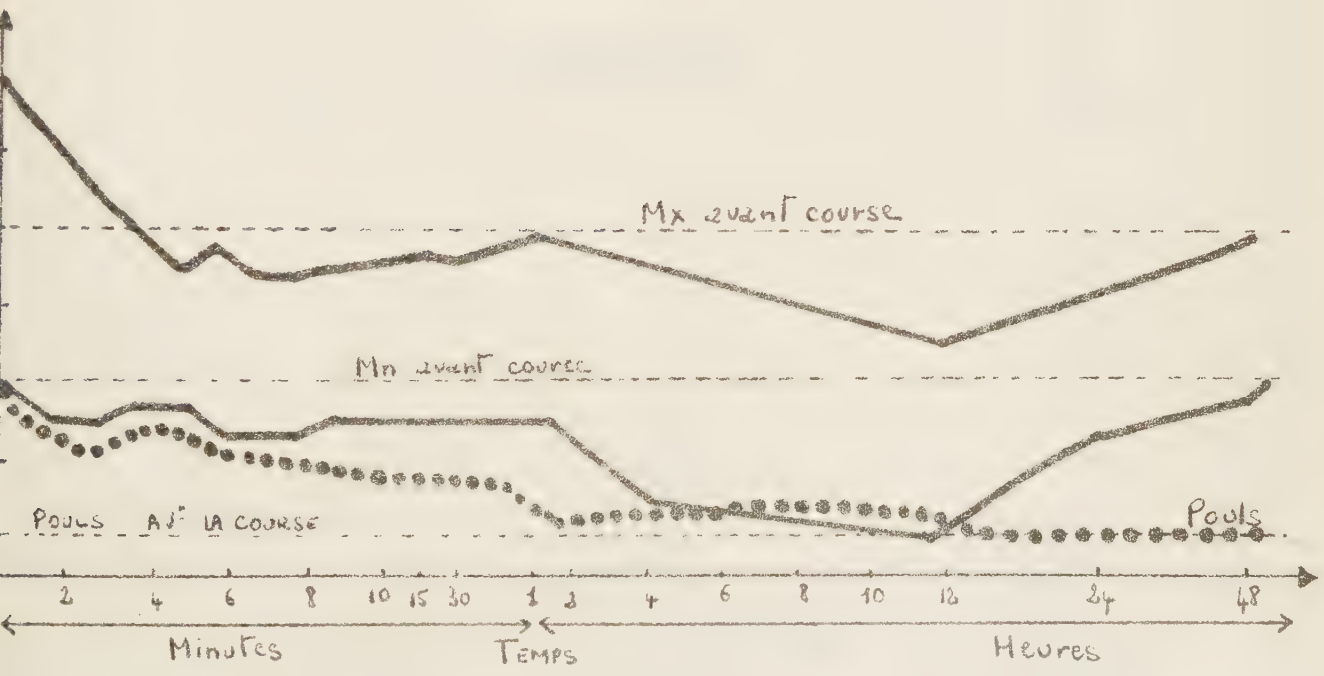


Fig.1 : RETOUR AU CALME

Après course de 5000m, courbe typique d'un sujet bien entraîné (d'après Chailley Bert et Plas)



Fig;2 : RETOUR AU CALME

Course de 1500m (d'après Chailley Bert et Plas)

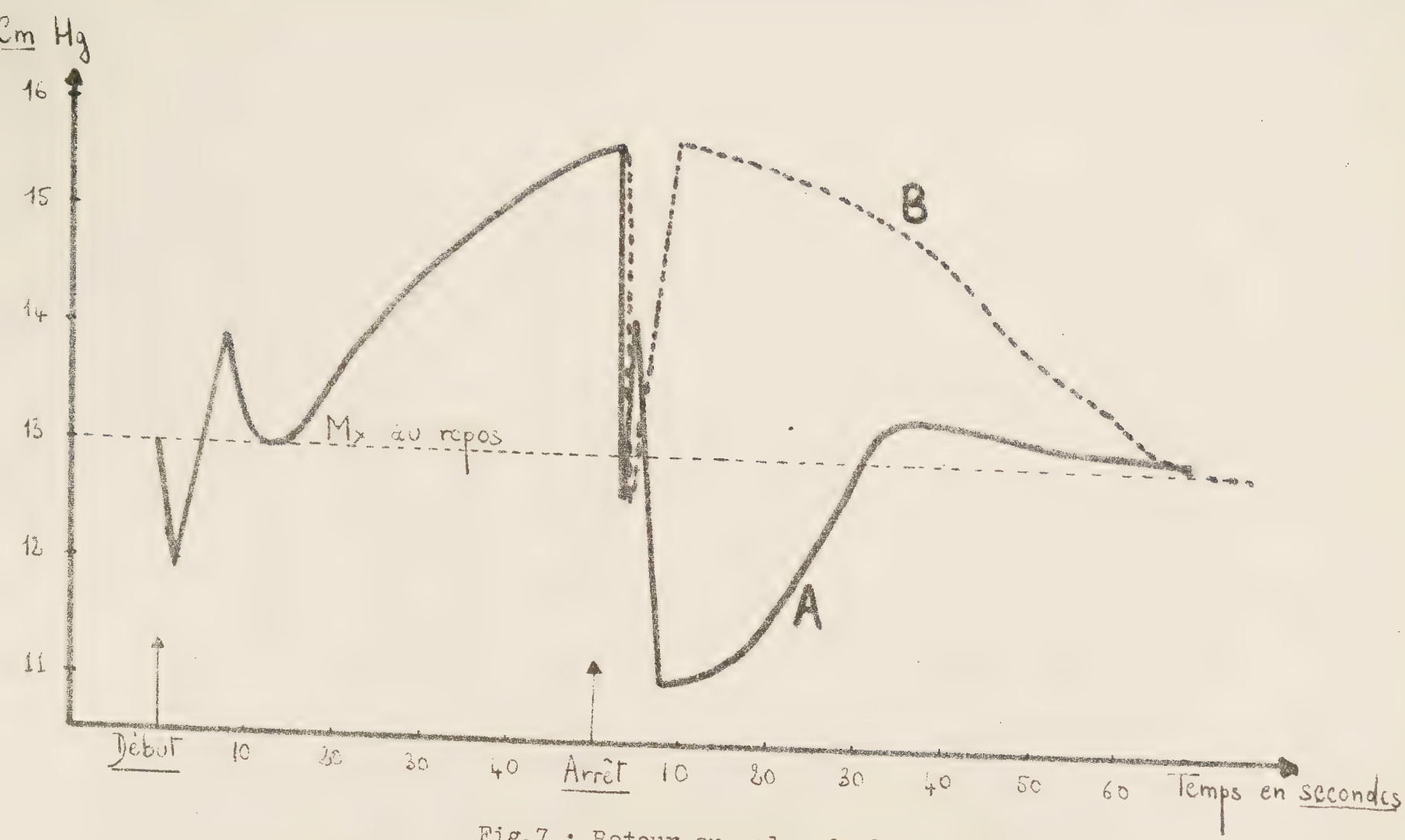


Fig.7 : Retour au calme de la pression Mx
(Inscription continue au cours du soulévement d'un poids de 30kgs)
(A = Sujet fatigué ; B = Sujet non fatigué)

2 - LES EPREUVES DYNAMIQUES -

A) - Epreuve de Pachon-Martinet

PRINCIPE -

L'épreuve est basée sur :
- les variations circulatoires (pressions Mx et Mn et pouls) lors du passage de la position couchée à la position debout
- les variations circulatoires (pressions Mx et Mn et pouls) après 20 flexions sur les jambes
- durée du retour à la normale

TECHNIQUE

- On note la T.A. Mx et Mn et le pouls du sujet en position couchée depuis 5 mn

- On laisse le brassard en place sur l'humérale au bras ; le brassard est relié par un tube de caoutchouc d'environ 2 m qui laisse au sujet toute latitude de mouvements

- le sujet se met en position debout, onnote la T.A. Mx et Mn et le pouls

- le sujet exécute 20 flexions des jambes au rythme d'une toutes les 2 secondes ; elles doivent être complète les fesses venant toucher les talons, le buste restant droit, ceci étant capital.

- vers l'avant-dernière flexion on commence à gonfler le brassard et à la fin de la dernière flexion tout est prêt pour lire la maxima. On note donc immédiatement la T.A. M x et Mn et le pouls. Avec un peu d'habitude, on peut prendre la M x, la Mn et le pouls en 20 s., le pouls est pris sur 10 s.

Les résultats normaux

Le passage de la position couchée à la position assise élève :
- le pouls de moins de 10 battements/mn
- la Mx de 2 cm de Hg environ
- la Mn de 1 cm " "

Mais en principe on néglige le premier temps de l'épreuve pour des raisons pratiques, c'est-à-dire des impératifs de temps, et éviter de compliquer les résultats. Nous retrouverons d'ailleurs ces quelques éléments dans le test de Schneider.

On note [illegible] uniquement les Mx, min. et le pouls en position debout

Après 20 flexions, on note en position debout :
- Mx s'élève de 2 à 3 cm Hg
- Mn [illegible] 1 à 2 cm Hg
- le pouls passe de 70-80 à 100-105
- le retour au calme a lieu en 2 ou 3 mn (en pratique on note toutes ces coordonnées immédiatement, 1 mn et 3 mn après le test).

Sont considérés comme anormaux les résultats suivants :

1 = pouls
- toute augmentation du rythme dépassant 100-105
- toute augmentation de la durée du retour au calme au-delà de 3 mn. Souvent on note un retour au calme plus rapide du pouls.

2 = T.A. systolique
- toute hausse dépassant 2 cm de Hg
- toute baisse
- toute augmentation de la durée du retour au calme

3 = T.A. systolique
- toute augmentation de plus de 3 [illegible] de Hg
- toute augmentation de la durée de retour au calme

4 = T.A. différentielle
- toute diminution de la T.A. différentielle.

Tous ces phénomènes anormaux indiquent une déficience cardiaque ou plus fréquemment un mauvais état général de l'individu, et cela de façon pratiquement proportionnelle à l'écart existant entre les chiffres notés et les chiffres normaux.

Ces résultats peuvent être transcrits sur une courbe ; on peut selon PIEDALU, donner schématiquement 5 types de courbes :

- type N : normale ; on remarque sur la courbe fait grâce à des enregistrements continus de la T.A. qu'il y a toujours immédiatement après la fin de l'épreuve une chute brutale de la M (qui peut tomber au-dessous du chiffre de repos), suivie d'une remontée brusque et égale, le tout durant 2 à 4 s, ensuite la Mx revient régulièrement à la Mx de repos.

Nous n'avons pour notre part sur 250 sujets testés, pu observer ce phénomène, ne pouvant pas disposer d'un appareil à enregistrement continu.

- Type 1 : défaillance légère : retard à la remontée de la T.A. Mx avec rétablissement en 10-15 s.

- Type 2 : défaillance plus forte : avec rétablissement en 30-40-45-50 s.

- type 3 : défaillance plus nette encore avec retour inférieur au chiffre de repos.

- type 4 : défaillance considérable avec Mx très basse à la fin du test;
(voir figure).

Mais tous ces résultats ne peuvent pas toujours être lus selon des barèmes fixes, et rapportés à des types précis de courbe. Prenons le cas d'un sujet très émotif, neurotonique : il pourra présenter une T.A. à 16-8, et un pouls à 90 au repos ; immédiatement après l'épreuve on pourra noter une T.A. à 15-8, donc avec pincement de la différentielle et un pouls à 85, sans que pour autant on ait affaire à un sujet fatigué et inapte. Nous nous servons personnellement de ce fait pour tester les sujets qui, à un premier examen sont jugés inaptes à l'éducation physique et aux sports, en raison d'une importante tachycardie et d'une TA. trop élevée.

On voit donc qu'il faut toujours interpréter et critiquer chaque résultat.

L'épreuve telle que l'avait décrite MARTINET se faisait avec 10 flexions ; ceci paraît insuffisant, nous utilisons en fait quelquefois les 10 flexions chez les jeunes enfants et chez les sujets fatigués ou âgés.

De même nous utilisons parfois un plus grand nombre de flexions mais ceci surtout quand nous enregistrons l'E.C.G. pendant le test.

Nous avons également pu nous servir de ce test pour mesurer non plus la T.A. et le pouls, mais les variations de l'indice oscillométrique grâce à l'utilisation d'un oscillomètre type Pachon (MATHIEU).

B) - Epreuve de LIAN

Technique

C'est le pas de gymnastique sur place pendant une minute, le sujet fléchissant les jambes à angle droit sur les cuisses en levant peu les genoux "en se donnant des coups de pied dans le derrière" au rythme de 2 foulées par seconde (chez les jeunes sujets on propose une durée de 30 s. seulement

Le pouls est noté avant et immédiatement après l'exercice, puis dans le premier quart de chacune des minutes qui suivent, le sujet devant pendant ce temps rester debout immobile et silencieux.

L'auteur estime l'aptitude "cardiaque" à l'exercice du sujet comme :

- très bonne, si le retour au rythme initial s'effectue à la 2e minute qui suit l'exercice
- bonne, si ce retour est à la 3e minute
- passable, si le rythme cardiaque après être retombé dès la 2e minute à un taux un peu supérieur au rythme initial s'y maintient encore pendant 3 à 4 minutes

- médiocre, si le retour est à la 4e minute

- mauvaise, si le retour est à la 6e minute.

Il faut aussi assimiler aux épreuves médiocres celle où l'accélération cardiaque, tout en disparaissant dans un délai normal, atteint 35 pulsations au 1/4 de mn.

Mais cette épreuve qui est basée uniquement sur les variations de la fréquence cardiaque ne tient pas compte des modifications associées de la pression sanguine. Ceci lui enlève une partie de sa valeur et de ce fait, il est beaucoup moins employé que le test de Pachon-Martinet ; certains l'emploient en ajoutant la prise de tension artérielle avec les mêmes critères que pour l'épreuve de Pachon-Martinet.

C) - LE STEP-TEST

Le step-test ou test de l'escalier a été introduit comme épreuve de sélection du personnel naviguant de l'aviation anglo-saxonne, à la suite des recherches de Brouha et de ses collaborateurs.

Technique

Cette épreuve consiste à faire monter un sujet toute les 2 secondes pendant 5 minutes sur un banc de 50,8 cm de haut (20 pouces anglais). Le temps doit être réglé au chronomètre ou mieux, selon Plas, au métronome battant la demi-seconde (120 battements à la minute). Chaque mouvement comprend 4 temps :

un : pied sur le banc

deux : élévation, 2e pied sur le banc et redressement complet.

Le test se continue ainsi pendant 5 mn, le commandement de "Un" se renouvelant toutes les deux secondes, vérifié au chronomètre ou au métronome. Le sujet monte donc 150 fois sur le banc. A la fin des 5 mn (si le sujet a pu terminer), la fréquence cardiaque est déterminée par numération du pouls radial pendant trois fois 30 s.

(soit P& P1 - P2). Soit :
P = fréquence cardiaque de 1 mn à 1 mn 1/2 après fin de l'épreuv

P1 = 2 mn à 2 mn 1/2 après fin d'épreuve

P2 = 3 mn à 3 mn 1/2 après fin d'épreuve

et "t" est la durée en secondes, soit 300 s. de l'exercice.

La formule : $\frac{100\ t}{2(P+P1+P2)}$ donne un indice d'aptitude physique.

GRANDPIERRE donne un tableau pratique établi selo cette formule, et ainsi on obtient immédiatement le coefficient ou indice en fonction de la somme P + P1+ P2
(voir tableau)

Si le sujet ne peut terminer l'épreuve de 5 mn, il est directement et arbitrairement classé uniquement en fonction du temps de maintien du test :

moins de 2 mn	coefficient	25
2 - 3 mn	"	38
3 - 3 1/2 mn	"	48
3 1/2 - 4 mn	"	52
4 - 4 1/2 mn	"	55
4 1/2 - 5 mn	"	59

En fait, nous verrons que au-dessous de 4 mn, le sujet est considéré comme inapte.

Résultats

Coeff. infér. à 55 : inaptitude à la pratique des spo
" de 55 à 70 : aptitude moyenne
" de 70 à 80 : bonne aptitude
" de 80 à 90 : très bonne aptitude
" de 90 : excellente.

HETTINGER utilise une marche réglable qui lui permet d'obtenir différentes hauteurs en fonction de la longueur des segments (20 - 25 à 40 - 50 cm).

Modalités et critiques

Cette épreuve est extrêmement fatigante, et doit être demandée seulement à des sujets vigoureux d'au moins 18 ans (Plas), après contrôle médical ayant prouvé l'inexistence de tares.

En effet, beaucoup de très bons athlètes ne peuvent pas le terminer ou le terminent presque lipotymiques ; certains sujets mettent plusieures heures à récupérer. N'oublion pas que ce test a été inventé pendant la dernière guerre pour sélectionner les hommes destinés aux commandos. Mais avec Plas, beaucoup pensent que cette épreuve ne peut être retenue pour la sélection des athlètes, et encore moins en cardiologie générale, en raison de sa brutalité et de son manque de nuance (en E.C.G. on obtient quel que soit le sujet, des tracés de fatigue).

D'autres critiques peuvent être encore apportées :

- la formule ne tient pas compte du rythme cardiaque au repos, avant l'épreuve.

- on ne tient pas compte de la tension artérielle ; certains diront que sans doute ses variations sont peu différente de celles du pouls.

Ce test présente néanmoins des avantages certains pour la sélection de sujets devant accomplir des efforts très importants, et permet également de donner une valeur chiffrée simple à chaque individu testé.

D) - STEP-TEST "ERGOMETRIQUE"

Nous nous sommes attachés en nous appuyant sur les travaux de KNIPPING et KOCH sur la spiro-ergométrie, à compléter le step-test en lui donnant une correspondance numérique de travail ; nous avons voulu éviter tout appareillage complexe et onéreux.

Technique

Le sujet se livre à un step-test sur une marche de hauteur variable (la détermination est approximativement fonctio de la taille du sujet ; pour nous, 40 cm si le sujet mesure plus de 1,75 m, 0,25 s'il mesure moins de 1,75 m ou s'il est considéré comme fatigué) ; le sujet monte et descende de la marche à une cadence de 4 temps, comme dans le step-test classique. Cet effort dure 2 mn ; on doit de plus peser le sujet.

Soit P = son poids
t = le temps = 120 s
h = la hauteur de la marche
n = le nombre de fois que l'exercice est répété (ici 60 fois - 1 fois toutes les 2 s).

La puissance développée en Kgm/s sera :

$$x = \frac{P.\ h.\ n}{t}$$

Le poids étant connu, en fixant le temps, on voit que l'expérimentateur pourra jouer avec 2 variables.

Prenons un exemple :
Soit un sujet de 60 Kg, s'il gravit la marche de O,40 m 60 fois en 120 s, il effectuera un travail de 1 440 Kgm, 12 Kgm/s. On obtient donc une indication relativement précise sur l'importance de l'effort, ce qu'on ne trouve dans aucun test de même nature.

Les mesures - leur interprétation

La tension artérielle Mx et Mn et le pouls sont pris au repos, debout, immédiatement à l'arrêt de l'épreuve, puis 1 mn, 3 mn, 5 mn, 7 mn après la fin de celle-ci.

L'inconvénient de cette épreuve est qu'elle fait intervenir de nombreuses variables, et il n'existe pas de tables donnant les résultats normaux.

D'autre part, le chiffre représentant le travail n'est qu'approximatif ; on fait bien intervenir l'énergie nécessaire à faire venir le pied gauche sur l'escalier, mais on ne fait pas intervenir l'énergie nécessaire à le faire revenir au sol, c'est-à-dire le frein qui ralentit sa chute.

On peut appliquer cette méthode au step-test classique (t = 300 s et h = 50,8 cm), on obtient 15,2 Kgm pour un homme de 60 Kg.

En fait, cette méthode est intéressante, car même si les chiffres indiquant le travail sont peu exacts, ils permettent des études comparatives et évitent de donner un seul test standard à tous les individus quels qu'ils soient.

On peut en effet, en faisant varier 2 des 3 élément de l'équation (n, h; t,), le poids étant connu, et la quantité de travail (x) étant fixée au préalable, obtenir des résultats permettant des interprétations comparatives.

Ainsi, le temps de l'exercice étant fixé ainsi que la hauteur de la marche, on pourra connaître le rythme des monté du sujet et inversement en se servant des formules suivantes :

$$n = \frac{xt}{hP} \quad \text{ou} \quad h = \frac{xt}{nP} \quad \text{ou} \quad t = \frac{Phn}{x}$$

E) - TEST DE RUFFIER

Il consiste à faire exécuter au sujet en 45 s. environ 30 flexions complètes sur les membres inférieurs avec redressement consécutif du corps en station verticale. On mesure la fréquence cardiaque à la minute au repos P, puis immédiatement après l'exercice P', et une minute après P" ; une formule permet de calculer u coefficient d'aptitude ou indice cardiaque :

$$IC = \frac{P + P' + P'' - 200}{10}$$

Le barème de référence est :

IC = 2 et moins = coeur athlétique
= 3 à 4 = " vigoureux
= 5 à 6 = bonne moyenne
= 8 à 10 = coeur médiocre, non entrainé
= 15 et plus = coeur nettement déficient.

En fait, dans le barème, le mot coeur n'est pas tout à fait exact et comme dans la plupart des autres tests décrits ici, y compris de nombreux tests E.C.G., les résultats ne sont pas tout à fait le reflet de l'état cardiaque, mais plutôt de l'état général du sujet, à travers son système cardio-vasculaire.

Cette épreuve est basée uniquement sur les modifications du pouls et comme PACHON l'a montré lui-même, le pouls est trop soumis aux influences neuro-végétatives. C'est pourquoi dans la pratique courante ce test est très peu employé et on lui préfère l'épreuve de Pachon-Martinet.

F) - EPREUVE DE SCHNEIDER

Elle est basée sur :

a - le rythme du coeur en position couchée

b - l'accélération cardiaque lors du passage de la position couchée à la position debout.

C'est en fait le principal reproche qu'on peut lui faire : il n'y a aucune place pour l'appréciation et l'interprétation du médecin, donc aucune souplesse. PLAS remarque fort justement qu'un préjugé est d'emblée accordé aux tachycardiques émotionnels dont la réponse à l'effort peut être égale à celle d'un sujet normal.

G) - EPREUVE DE SCHELLONG

Il est possible, par cette méthode de dépister certaines anomalies cardio-vasculaires.

Technique - Première phase : le sujet est couché, on mesure le nombre de pulsations à la minute et la pression artérielle.

Puis le sujet se lève et reste debout pendant 5 minutes. On mesure alors pouls et tension artérielle toutes les minutes.

Au cours de cette première phase, l'épreuve explore essentiellement l'état et le mécanisme de la régulation des vaisseaux.

Deuxième phase : le sujet doit monter à deux reprises, un escalier de 25 marches.

On mesure pouls et pression artéreille avant et après cet effort.

Résultats : ils sont consignés sur un diagramme portant en abcisse le temps et en ordonnée la valeur de la pression artérielle maxima et minima et le chiffre des pulsations.

Première phase : la tension maxima ne se modifie pas, cependant que la minima monte légèrement chez les sujets sains.

Lorsque le sujet se recouche, il n'y a pas de modifications de pouls et de pression artérielle par rapport au repos.

Deuxième phase : le pouls s'accélère immédiatemen après l'effort, mais revient à la normale chez le sujet sain entre la 1ère et la 3e minute.

La tension artérielle s'élève (20 cm Hg) juste après l'effort et doit revenir, chez le sujet sain, à la normale en 3 à 4 minutes.

En comparant toutes les courbes obtenues avec les courbes types, C. MOUTZITHROPOULOS et son équipe, ont pu mettre en évidence des cas pathologiques qui sont classés en quatre catégories :

1 - troubles orthostatiques d'origine artérielle
2 - troubles orthostatiques d'origine veineuse
3 - troubles cardiaques
4 - troubles neuro-végétatifs.

Ce test qui prend plusieurs éléments dans certains tests déjà décrits admet une critique du point de vue pratique ; on ne peut toujours disposer d'un escalier de 25 marches.

Il n'est en fait pas codifié de façon extrêmement précise. Il a néanmoins l'avantage sur certaines épreuves de montrer (comme Pachon-Martinet), une courbe soumise à une interprétation de la part du médecin, plutôt que de donner une valeur fixe et sans appel à un exercice qui lui, n'est pas obligatoirement très fixe. Cette épreuve n'est pratiquement pas utilisée en France.

H) - LE TWO-STEP TEST

est une variante du Step-test. Il a été préconisé par MASTER comme effort associé à l'enregistrement de l'E.C.G. Le sujet doit monter et descendre une échelle de 2 marches d'une hauteur de 21,52 cm pendant 90 s. Le nombre des montées et des descentes est fixé par des tables spéciales de Master qui considèrent l'âge, le sexe et le poids du sujet.

I - L' EPREUVE DE KRETSCHMER

est rès peu utilisée.

Technique : prise du pouls et de la T.A. avant et après s'être penché 30 secondes.

Examen de la couleur du visage, turgescence des vaisseaux du cou, etc... après le même effort.

Résultats -

- cette méthode vise à apprécier le fonctionnement des vaisseaux encéphaliques.

- chez des sujets normaux, on observe une simple augmentation du pouls sans aucun changement de couleur du visage, sinon une légère coloration fugace.

- le seul intérêt de cette méthode est sa brièveté ; en effet, les modifications peuvent s'être dues qu'à une simple dystonie neuro-végétative.

Certains se servent néanmoins de ce test pour tenter de mettre en évidence un diagnostic d'état pré-athéromateux ou athéromateux.

J) - La BICYCLETTE ERGOMETRIQUE

que nous utilisons personnellement fréquemment ; elle permet de doser les efforts et donne avec précision la quantité de travail fourni. La vitesse d'exécution en tours/mn, et la durée de l'épreuve sont notés avec précision.

On peut pendant cette épreuve, faire des enregistrements de T.A., pouls et E.C.G. Le principal écueil est qu'il est difficile de bien standardiser ce test, étant donné la possibilité d'y donner de nombreuses variables.

Certains appareils permettent pendant le travail du sujet la mesure des consommations d'O2, et l'enregistrement E.C.G.

En fait, la bicyclette ergometrique est actuellement utilisée le plus souvent à titre expérimental, du fait du coût de l'appareil, de son encombrement, et de la standardisation encore peu précise de ses résultats.

K) - TEST DE GARETTA

qui est une variante de plusieurs tests déjà décrits : le sujet après 1 mn de repos effectue 30 accroupissements en 1 mn. Les variations du pouls dans le temps sont notées. Ce test est utilisé par la Fédération des Sports sous-marins.

L) - TEST DE CRAMPTON

Ce test est parfois utilisé en milieu hospitalier dans le bilan pré-opératoire ; il apprécie les modifications de la pression artérielle systolique, et du rythme cardiaque observés chez un individu passant de la position couchée à la position debout. Le passage du clinostatisme à l'orthostatisme s'accompagne de manifestations cardiaques et vasculaires déclenchées par la réduction du débit veineux. La pression

sanguine artérielle baisse passagèrement, puis s'élève et le rythme s'accélère ; l'importance de l'accélération et de la hausse tensionnelle permet d'apprécier les phénomènes correcteurs réflexes qui tendent à rétablir l'équilibre respiratoire un instant perturbé.

Chez un sujet au repos, allongé depuis au moins 1/4 d'heure, on prend le pouls durant une minute et la TA Mx. Puis le sujet se lève ; deux minutes plus tard (délai nécessaire à l'établissement de l'équilibre circulatoire), on reprend pouls et TA Mx.

On exprime les résultats sur une courbe ; on porte en abcisse le rythme cardiaque et en ordonnée la pression sanguine artérielle. On obtient des points définis par les 2 coordonnées suivant une fonction du premier degré

1 Cr = $(3,15 + dTA - \frac{dPS}{20})$ dont la résolution permet d'obtenir un chiffre

un chiffre dit "index de Crampton" :

1 Cr étant l'index
dTA les variations de pression
dPS les variations du pouls

Un sujet normal doit réagir au changement de position par une élévation de TA Mx et une accélération modérée du pouls (inférieure ou égale à 20 pulsations par mn).
Toute baisse de la pression systolique, toute accélération trop marquée du rythme doit être considérée comme un élément défavorable traduisant un état de fatigue avec insuffisance d'adaptation circulatoire.

En pratique, on doit considérer qu'un index inférieur à 50 est insuffisant, faible entre 50 et 75, moyen entre 75 et 100 et excellent à partir de 100.

TEST DE SCHNEIDER

A) Couché		B) Augmentation du rythme du pouls *par passage à la position debout*				
Rythme du pouls		0 à 10 battements	11 à 18 battements	19 à 26 battements	27 à 34 battements	35 à 42 battements
Rythme	Points	Points	Points	Points	Points	Points
50-60	3	3	3	2	1	0
61-70	3	3	2	1	0	— 1
71-80	2	3	2	0	— 1	— 2
81-90	1	2	1	— 1	— 2	— 3
91-100	0	1	0	— 2	— 3	— 3
100-110	— 1	0	— 1	— 3	— 3	— 3

C) Debout		D) Augmentation du rythme du pouls *immédiatement après l'exercice*				
Rythme du pouls		0 à 10 battements	11 à 20 battements	21 à 30 battements	31 à 40 battements	41 à 50 battements
Rythme	Points	Points	Points	Points	Points	Points
60-70	3	3	3	2	1	0
71-80	3	3	2	1	0	0
81-90	2	3	2	1	— 1	— 1
91-100	1	2	1	0	— 1	— 2
101-110	1	1	0	— 1	— 2	— 3
111-120	0	1	— 1	— 2	— 3	— 3
121-130	0	0	— 2	— 3	— 3	— 3
131-140	— 1	0	— 3	— 3	— 3	— 3

Aptitude aux sports et contrôle médical

E) Retour du rythme du pouls à la valeur normale debout après exercice		F) Pression maxima comparaison debout ou couché	
Secondes	Points	Changements en millimètres	Points
0-60	3	Elévation de 8 ou davantage...	3
61-90	2	Elévation de 2 à 7	2
91-120	1	Pas d'élévation	1
Après 120 : 2 à 10 battements au-dessus de la normale	0	Chute de 2 à 5	0
11 à 30 battements au-dessus de la normale	— 1	Chute de 6 ou davantage	— 1

Fig.6 : Test de Schneider(Chailley Bert et Plas)

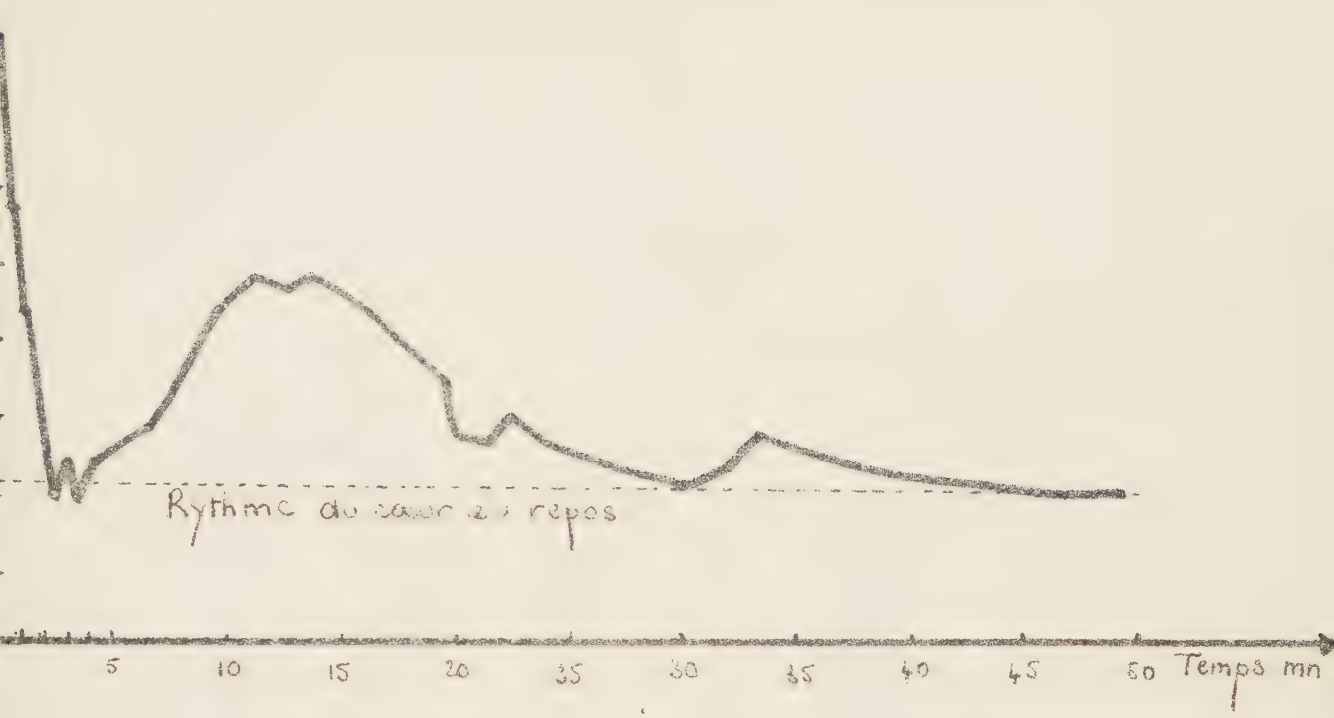


Fig.3 : Retour au calme du pouls(d'après Merklen)

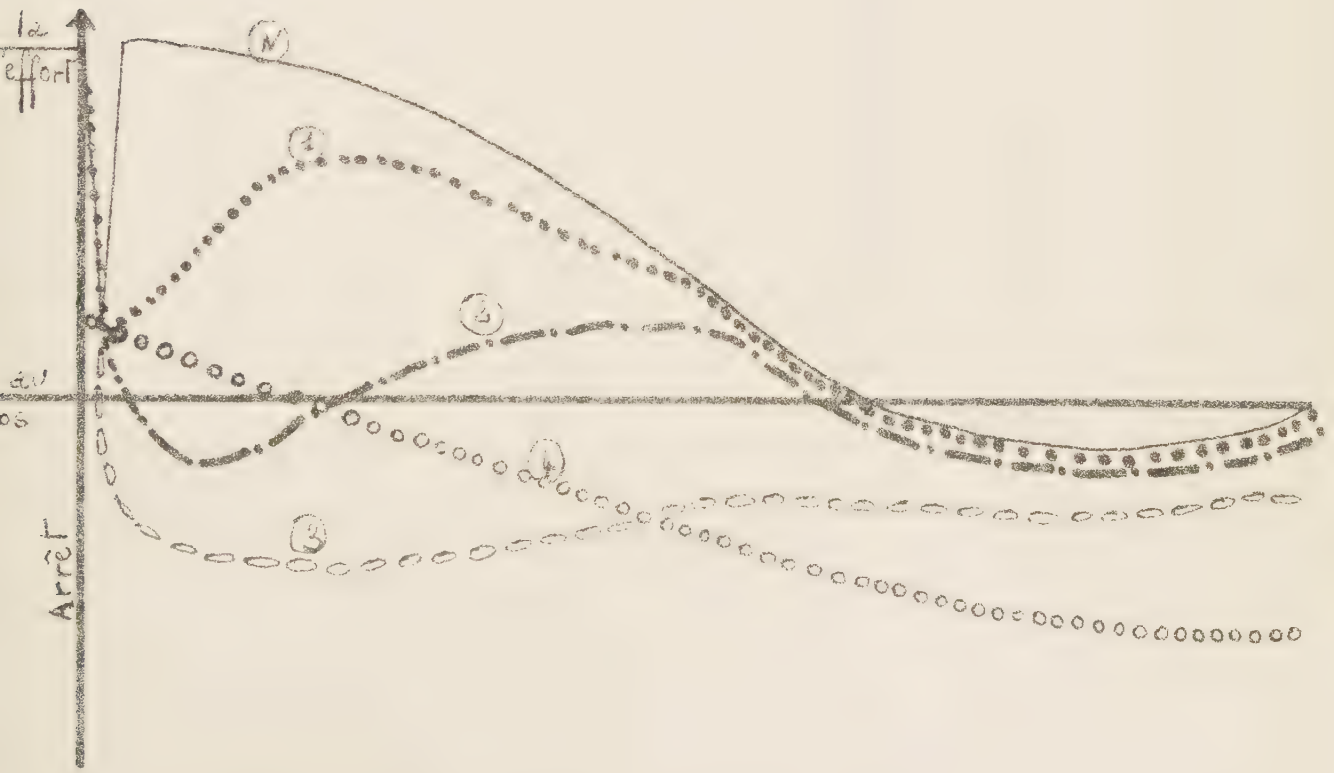


Fig.4 : Résultats de l'épreuve de Martinet(d'aprés P.Piedalu

POULS : P + Pl + P2	COEF.	POULS : P + Pl + P2	COEF.	POULS : P + Pl + P2	COEF.
100	150	129	116	172-173	87
101	149	130	115	174-175	86
102	147	131-132	114	176-177	85
103	146	133	113	178-179	84
104	144	134	112	180-181	83
105	143	135	111	182-184	82
106	142	136	110	185-186	81
107	140	137-138	109	187-188	80
108	139	139	108	189-191	79
109	138	140	107	192-193	78
110	136	141-142	106	194-196	77
111	135	143	105	197-198	76
112	134	144	104	199-201	75
113	133	145-146	103	202-204	74
114	132	147	102	205-206	73
115	130	148-149	101	207-209	72
116	129	150	100	210-212	71
117	128	151-152	99	213-215	70
118	127	153	98	216-218	69
119	126	154-155	97	219-222	68
120	125	156-157	96	223-225	67
121	124	158	95	226-229	66
122	123	159-160	94	230-232	65
123	122	161-162	93	233-236	64
124	121	163	92	237-239	63
125	120	164-165	91	240-243	62
126	119	166-167	90	244-247	61
127	118	168-169	89	248-250	60
128	117	170-171	88		

(d'après Grandpierre)

Fig. 5 : STEP-TEST

III - L'EFFORT STATIQUE

Selon la définition de Werthermer, l'effort statique est une tendance énergique à l'expiration alors que le thorax est plus ou moins distendu, en inspiration et que la glotte fermée empêche l'expiration de se produire. Pour Hermann, ce qui caractérise l'effort c'est la fixation de la paroi thoracique, sur des poumons remplis d'air, l'orifice glottique étant clos ou pratiquement clos. La cage thoracique est donc fixée, et donne un point d'appui.

L'EXPLORATION EST FAITE GRACE AU TEST DE FLACK :
l'endurance-test a été imaginé et décrit en 1919 par Martin Flack sous le nom de "40 mm mercure apnée-test".

Technique -

On utilise un tube en verre en forme de U de 4 mm de diamètre intérieur et contenant du mercure ; sur une des branches du tube est fixé un tube de caoutchouc terminé par un embout de verre ; le sujet doit souffler dans cet embout ; une réglette graduée est placée le long du tube. Après une expiration et une inspiration forcée lente, le sujet souffle dans l'embout jusqu'à ce que le mercure atteigne une dénivellation de 40 mm entre les deux niveaux du tube. Le sujet est prié de maintenir ce niveau jusqu'à la limite de ses possibilités, évidemment sans reprendre sa respiration.

Certains sujets, et surtout ceux qui ont déjà subi l'épreuve, arrivent à tricher ; ils entretiennent une respiration nasale superficielle. On a proposé de mettre un clip nasal pour éviter cela, mais cela s'est révélé très désagréable. On fait donc confiance au sujet, et on peut mettre en évidence la tricherie, car le test est tenu très longtemps, et la courbe obtenue a un aspect non classique. Certains aussi bloquent l'embout avec leur langue, on note encore que les sujets tiennent le test très longtemps, sans fatigue, sans erythrose du visage, et aussi que le mercure ne présente aucune oscillation dans le tube.

On prend le pouls avant l'épreuve et pendant tout le temps du test, temps mesuré en secondes ; l'observateur comp le pouls et indique à un aide qui le note, le chiffre correspondan à chaque période successive de 5 secondes.

On note donc deux éléments :

- la durée de l'épreuve

- les modifications du rythme cardiaque pendant l'épreuve.

On établit une courbe portant en abcisse le temps par 5 s. et en ordonnée le rythme du pouls pendant 5 s.

LES MODIFICATIONS CIRCULATOIRES LORS DU TEST DE FLACK

Elles semblent déterminées par l'hyperpression expiratoire sur le thorax en inspiration forcée.

Cette posture entraine :

- des modifications dans le territoire de la petite circulation :
  = élévation de pression capillaire pulmonaire
  = élévation de pression artérielle pulmonaire
  = élévation de pression auriculaire droite
  = élévation de pression veineuse

- un ralentissement de la vitesse circulatoire

- des modifications dans les territoires de la grande circulation.

1 - la pression artérielle pendant et après le test

Nous avons mesuré les variations de pression artérielle pendant l'épreuve de Flack chez 20 sujets jeunes, sportifs et en bonne santé. La T.A. était mesurée à la 10e seconde et à la 25e seconde.

La T.A. maximum au repos était en moyenne de 13, et la minima de 8 ; les variations individuelles étant très faibles par rapport à ces chiffres moyens.

A la 10e seconde nous avions, toujours en moyenne 16/12, la minima donc s'élevant très rapidement et à la 25e s. 19/13 certains montant jusqu'à 21/14.

On peut peut-être être surpris par le fait qu'il n'y a non seulement aucun effondrement de la maxima, mais au contraire une augmentation importante de celle-ci ; ceci suppose donc une adaptation circulatoire très nette, afin d'éviter l'anoxie des régions cérébrales en particulier.

PLAS et CHAILLEY BERT ont effectué des enregistrements continus de la pression artérielle pendant le test. On note sur la courbe de variations de pression moyenne qu'ils ont réalisé que les perturbations cessent aussitôt dans la petite circulation si le réseau artériel pulmonaire est souple. Les perturbations générales sont longues à s'effacer, une élévation globale de la T.A. peut persister une dizaine de minutes.

Au début d'un enregistrement continu on trouve un ressaut de forme variable. Puis pendant quelques secondes une période un peu cahotique d'organisation, puis la pression maxima monte assez vite, atteint un plateau et baisse brusquement à l'arrêt, de même que le minima, au-dessous de sa valeur de départ, puis remonte presque aussi haut et revient au calme.

La diminution brusque à la fin de l'effort semble lié au déblocage du thorax qui donne une répercussion sur la pression artérielle. PLAS et CHAILLEY BERT précisent que certains sujets arrivent par une épreuve de Valsalva, à créer une pression intrathoracique telle que le pouls radial devienne imperceptible. Nous avons noté nous-même chez des sujets vagotoniques (ayant des signes E.C.G. nets de vagotonie), que le pouls radial pendant l'épreuve était à peine perceptible. Il est probable qu'à la fin de l'effort, il y a un brusque relâchement de la vasoconstriction et que durant 2 ou 3 pulsations, le coeur parait battre dans le vide d'un système artériel à lit brusquement augmenté.

En 2 ou 3 secondes, si le sujet est en bonne "forme", l'accord se refait entre le coeur et les vaisseaux, la T.A. remonte, et le retour au calme a lieu normalement.

SARNOF a montré que ces modifications-réflexes semblent prendre naissance dans les terminaisons artérielles pulmonaires. Ces réflexes sont d'origine sympathique ; nous avons pu montrer que pendant le test de Flack et même jusqu'à 10 à 15 mn après le tonus sympathique prédomine ; ceci en testant des sujets vagotoniques et ayant à l'E. C. G. des rythmes nodaux supérieur, moyen ou inférieur. Ces sujets ont retrouvé un rythme sinusal dès le début de l'épreuve et l'ont gardé pendant plus de 10 mn. Nous reviendrons sur cette question avec l'E. C. G.

(voir figure).

Mais F. FRANCK, puis F. PLAS font remarquer que l'épreuve n'est pas toujours sans danger pour certains territoires amortisseurs de l'à-coup circulatoire brusque qui est apporté par le test ; ils pensent avant tout au territoire cérébral. Il faut néanmoins savoir que le taux d'oxygénation du sang ne varie sensiblement pas (PLAS). Par contre, la vitesse circulatoire est considérablement ralentie (de plus de 2 fois) à l'épreuve au saccharinate de soude.

Néanmoins LECLERC a effectué des mesures oxymétriques au cours d'un effort peu différent du test de Flack classique, mais répété. Le sujet effectue 3 apnées après inspiration forcée de 20 secondes contre une résistance de 50 mm de Hg, apnées coupées par 3 fois 16 secondes de repos ; le sujet est relié à l'oxymétre de Kipp (et à l' E. C. G.)

Leclerc a obtenu 4 types de courbes sur 44 sujets :
- désaturation faible (inférieur 1,25) = 17 cas
- " moyenne (entre 1,25 et 1,50) = 9 cas
- " forte (supérieure 1,50) = 13 cas
- resaturation = 5 cas

La 3e apnée entraine dans l'immense majorité des cas la désaturation la plus accentée, jusqu'à 70 % chez les sujets en bonne condition physique.

Il a été en effet remarqué que les désaturations les plus profondes s'observaient chez les sujets les plus entrainés. Par contre, les sujets en condition physique médiocre n'ont que peu ou pas de désaturation. Les resaturations, dans tous les cas ont toujours été rapides (moins de 12 s.).

L'entrainement améliore la réponse oxymétrique ; Leclerc conclut alors en disant : "nous pensons que cette variante du test de Flack prouve que ce dernier entraine une certaine anoxémie".

Signalons que ce test est utilisé pour tester les plongeurs sous-marins (test d'apnée résistance).

Nous apporterons toutefois une critique à ces résultats : le ralentissement du cours sanguin veineux périphérique peut perturber les mesures oxymétriques.

Nous verrons tout l'intérêt de ce test dans les mesures des variations de fréquence cardiaqie avec E. C. G. (voir E. C. G. de l'effort statique).

En résumé, nous rappelons :

- sujets aptes : désaturation progressive au cours des trois apnées avec retour rapide (moins de 12 s.) au chiffre initial ;

- sujets inaptes : désaturation faible ou nulle, ou sursaturation.

2 - Dans la petite circulation

Les pressions s'élevant dans tout le territoire artériel pulmonaire et dans les cavités droites, cette élévation de pression atteint la pression capillaire pulmonaire qui s'élève au niveau de la contre-pression alvéolaire (40 mm Hg), la pression artérielle pulmonaire moyenne, la pression ventriculaire moyenne.

CELICE, PLAS, HIMBERT et OGER ont trouvé des chiffres de 70 cm d'eau pour la pression auriculaire droite moyenne, et 68 cm d'eau pour la pression ventriculaire droite moyenne. Dès la fin du test, par reprise inspiratoire les pressions se rétablissent aux environs des chiffres antérieurs chez le sujet normal.

Un grand nombre de ces modifications circulatoires peuvent être objectivées également par l'enregistrement E. C. G. pendant le test, nous en verrons plus loin l'intérêt.

LES RESULTATS

Signalons tout de suite qu'il faut interpréter les résultats en fonction de l'âge et du sexe. On emploie volontiers 30 mm chez la femme et 20 mm chez les enfants de moins de 14 ans, et on interprète selon les mêmes critères que pour 40 mm de mercure ; il faut toutefois convenir que pour certaines femmes robustes comme on en voit dans les milieux sportifs, 30 mm sont insuffisants. De même chez l'homme, l'expérience montre que la force maximum d'expiration forcée bloquée chez l'adulte est extrêmement variable, et qu'il est courant de trouver des individus normaux dont le maximum est de l'ordre de 10 cm de Hg et d'autres de 20 cm de Hg ; dans ces conditions, l'effort n'est pas toujours comparable, c'est pourquoi Chailley-Bert et Merklen ont proposé de déterminer préalablement la puissance d'expiration et de pratiquer ensuite l'épreuve d'apnée au 1/3 de sa valeur.

a) durée de l'épreuve

une durée inférieure à 40 s. n'est pas satisfaisante (la R.A.F. exige au moins 50 s.). La dirée se situe couramment vers 50 s. ou davantage pour un athlète entrainé, mais il importe que le sujet aille jusqu'à la limite des possibilités pour ne pas fausser les résultats, et à ce titre comme le fait remarquer J.M. CUREL, le test de Flack est un test de volonté.

b) modification du rythme cardiaque

D'après Guillaume on peut distinguer 4 types de courbes :

- type I : courbe de forme plane, sans élévation supérieure à 7 pulsations par 5 s.

- type II : élévation graduelle jusqu'à 9 pulsations par 5 s.

- type III : élévation rapide et soutenue jusqu'à 10 pulsations par 5 s.

- type IV : élévation rapide jusqu'à 10 pulsations ou plus suivie d'une chute jusqu'à un rythme parfois inférieur au chiffre initial.

Un cinquième type est signalé par Chailley Bert et Plas : chez les tachycardiques, la courbe atteint rapidement 9 ou 10 pulsations par 5 s., puis au bout de 20-30 s. descend vers 6 ou 7 pulsations et s'y maintient jusqu'à la fin de l'épreuve. Il s'agit généralement d'une tachycardie émotive ramenée au calme par l'épreuve.

Nous avons nous même très fréquemment retrouvé ce type V chez la jeune fille et des réactions semblables furent notées dans les autres tests fonctionnels cardiaques, t est de Martinet notamment. Parallèlement, ces sujets ont à l'E.C.G. des "tracés de neurbtoniques".

(voir figure).

La forne de la courbe a son importance et la présence de clochers ou de niveaux très différents confère un caractère péjoratif à l'épreuve.

Suivant Armstrong, une élévation graduelle du pouls n'est pas un signe défavorable si le rythme final ne dépasse pas 8 à 9 par 5 s. ou s'élève rapidement pour se maintenir à ce niveau, mais s'il atteint 11 ou 12, le résultat est nettement mauvais. Soulignons que la prise du pouls par 5 s. ne peut toujours donner des "chiffres ronds", et que étant obligé d'arrondir au chiffre supérieur ou inférieur, on ne devra pas tenir compte de variations portant seulement sur un battement par 5 s.

Une interprétation schématique permet de tirer les conclusions suivantes :

- type I : sujet en bonne forme
- type II : sujet apte aux compétitions, mais forme médiocre à améliorer
- type III : sujet à mettre au repos et à explorer
- type IV : sujet absolument inapte aux compétitions

On voit donc ici tout l'intérêt du test de Flack. Ce test demande un appareillage assez simple et peu coûteux, et comme nous le verrons il a une immense importance sous E.C.G.

Nous employons systématiquement ce test au centre médico-sportif de Tours pour le dépistage des inaptitudes et le contrôle de la forme et des possibilités des sportifs.

Si nous prenons par exemple un groupe très homogène que nous avons suivi au cours d'une année, nous voulons dire les 35 jeunes filles préparant le professorat d'éducation physique, et âgées de 18 à 22 ans, nous avons noté une durée moyenne de maintient du test de 50 s. et 30 courbes du type I, 4 du type II et 1 du type III ; cette dernière a montré à l'E. C. G. une assez nette surcharge diastolique du ventricule gauche ; sur un plan plus général, le type III a été plusieurs fois rencontré chez des étudiants en période d'examen et abusant parfois de drogues excitantes ; revus 3 à 4 jours après les résultats de leur examen, ils présentaient une courbe du type II et même I.

Notons d'autre part que les différents types sont très schématiques, et que l'on retrouve souvent des types intermédiaires et il faut souligner qu'il y a certainement une place pour l'interprétation personnelle.

2) - UN AUTRE TEST D'EFFORT STATIQUE

TEST D'APNEE VOLONTAIRE EN EXPIRATION FORCEE

Après une inspiration profonde, le sujet vide ses poumons au maximum, et reste ainsi immobile sans respirer le plus longtemps possible.

Deux éléments sont notés :
- le rythme cardiaque
- la durée del'apnée

L'apnée dure environ 40 s.

Le rythme cardiaque normalement se ralentit progressivement après avoir subi une courte phase de tachycardie (intervention du réflexe de Braindridge par hyperpression de l'oreille droite). Le ralentissement est dû à la stimulation vagale (épreuve de Valsalva) puis à l'arrêt de l'effort on note une tachycardie de compensation par reprise d'un tonus sympathique.

Chez les sujets fatigués :

- l'apnée dure moins de 25 s.
- on note une persistance prolongée de la bradycardie relative
- le taux de bradycardie lors de l'épreuve est inférieur à 15 % du chiffre initial.

On note que la durée de l'apnée est d'autant plus longue qu'il s'agit de sportifs pratiquant des efforts brefs.

Toutes ces modifications peuvent être d'ailleurs facilement constatées sur des tracés E.C.G.

Leclerc a ici encore fait des contrôles oxymétriqu il remarque que la sturation s'abaisse en moyenne à 64 %, les taux de désaturation les plus bas ne correspondant d'ailleu pas toujours aux apnées les plus longues.

Le laps de temps qui s'écoule entre le début de l'apnée et le début de la resaturation est en général très court (10 s. en moyenne), mais peut atteindre dans certains cas jusqu'à 40 s., dans les apnées de longue durée. La récupération oxymétrique s'effectue dans la majorité des cas en moins de 30 s., les désaturations prolongées ayant presque toujours coïncidé avec une réaction cardiaque différée ; il peut donc s'agir plutôt d'un trouble de l'hématose que d'une insuffisance respiratoire, le régime cardiaque devenant momentanément incapable d'assurer une rapide réoxygénation du sang circulant

Pour conclure, nous soulignons le très grand intérêt des épreuves cardio-vasculaires d'effort statique ; ce type d'effort correspond très bien à un certain nombre de mouvements et de gestes de la vie courante, et à maintes sortes d'activités sportives et laborieuses, nous voulons dire, tout effort à respiration bloquée (soulèvement d'objets lourds, lancers de poids, haltérophilie, etc).

Il faut noter aussi que ce genre de test, comme l tests dynamiques nous renseignent autant sur l'état général du sujet que sur son état cardio-vasculaire.

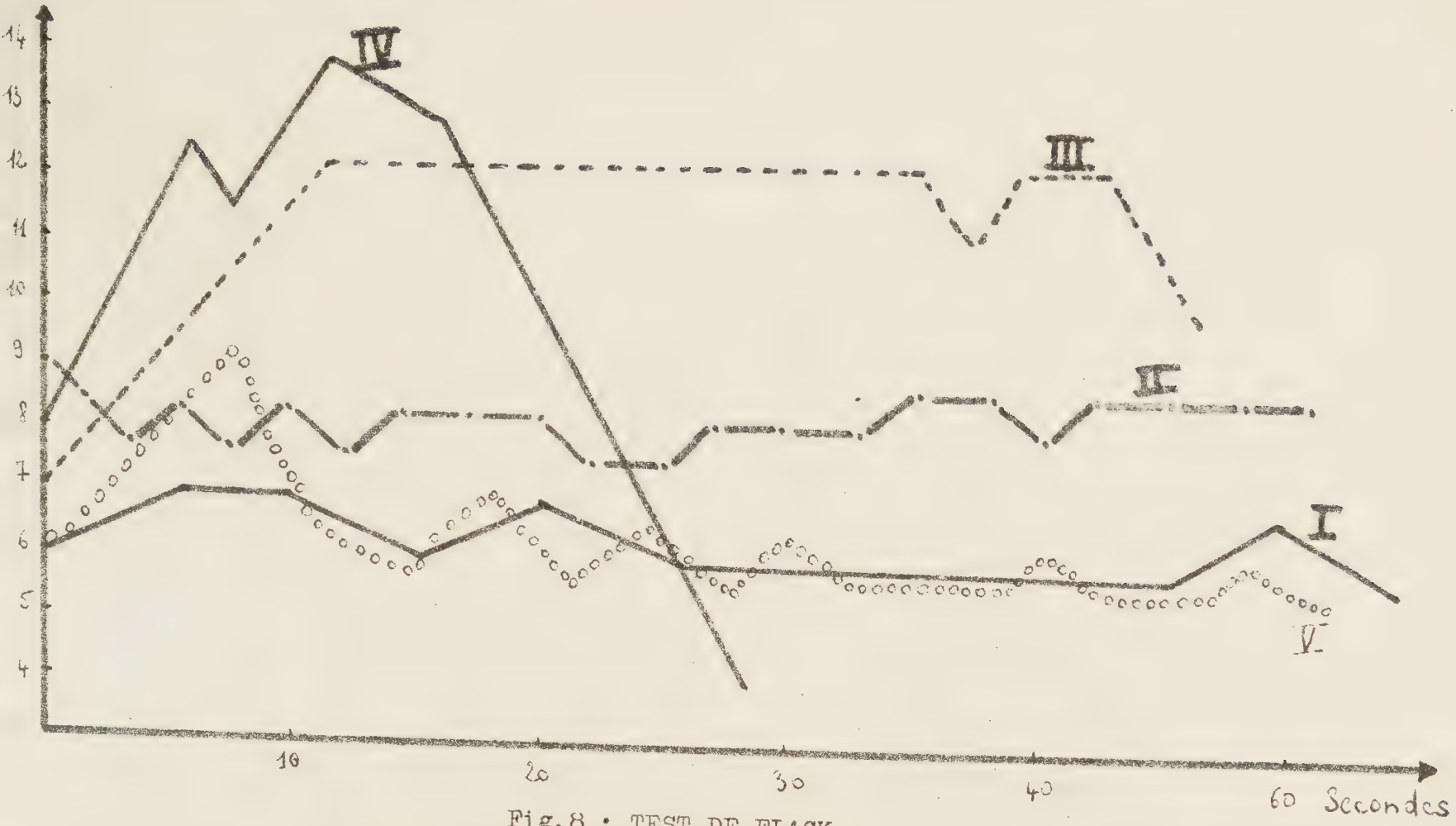


Fig.8 : TEST DE FLACK

Les 5 courbes types de variation du rythme cardiaque au cours du test(d'après Chailley Bert et Plas).

III - l' E. C. G.

1 - l' E.C.G. de repos chez le sportif

Existe-t-il un type d'E.C.G. plus souvent rencont chez un sujet soumis régulièrement à des exercices phys!ques plus ou moins intenses ? A cette question, nous répondrons qu'au moins 50 % des sujets sportifs examinés présentent des signes E.C.G. de vagotonie; et, en généralisant un peu, on peut dire que le fait de retrouver sur le tracé des signes de vago nie nous incite à penser que le sujet est en forme, et des tracés comparatifs nous permettent de voir l'évolution de cette forme.

1) - Les signes de Vagotonie

a) bradycardie sinusale
b) onde P basse encochée, un peu élargie en Dé, D3 et aVF
c) P-R plus ou moins allongé (voir chapitre spécia
d) segment ST un peu surdécalé, de 1 à 2/10 de millivolt et concave en haut.
e) onde t très haute même pointue surtout en précordiales moyennes (V2 - V3 - V40. Précisons que cette onde T est toujours assymétrique.

Pour LECLERC, l'onde T serait le reflet de "l'état clinique" de la musculature, du métabolisme (le complexe QRS étant acquis et indiquant plutôt "l'état physique").

(voir E.C.G. de vagotonie)

f) ondes U fréquentes de 1, 2, 3/10e de millivolts dans les précordiales V2 - V3 - V4 et parfois en D2.

2) - Indice de Sokolow-Lyon élevé : (SV1 + RV5 souvent supérieu à 35 mm)

C'est en principe un signe d' H.V.G. ; en fait, celle-ci est très modérée ; il n'y a pas de surcharge type diastolique, et l'axe frontale de R n'est pas dévié vers la gauche

nous voyons bien souvent ces signes chez les meilleurs athlètes et en association à un gros coeur, tonique à la scopie.

3) - Quelques images particulières
sont rencontrées avec une relative fréquence chez le sportif et nous y reviendrons plus longuement pour chaque :

- bloc incomplet droit
- PR allongé.

INFLUENCE DE L'ENTRAINEMENT ET DU TYPE DE SPORT PRATIQUE.

1 - L'entrainement en général accroit les signes de vagotonie, l'onde T et U surtout augmentent d'amplitude dans toutes les dérivations mais surtout en V2 - V3 - V4 ; T peut atteindre 3 à 4 fois sa hauteur habituelle ; cette hauteur est maximale lors de la pleine forme sportive, puis elle décroit en même temps que la forme s'évanouit. Il en est à peu près de même pour l'onde U.

2 - Selon le type de travail :

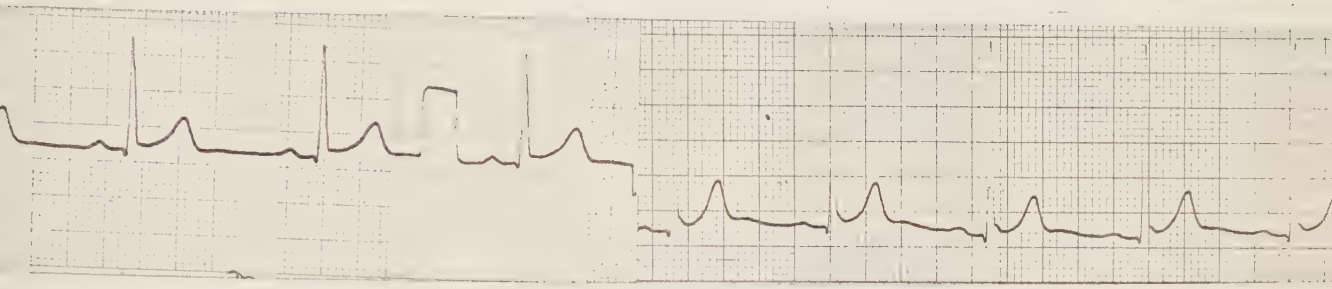
A) - Effort bref :

- rythme plus rapide (60-70)
- T de grande amplitude
- PR normal
- AQRS entre 70° et 100°
- AT " 40° et 70°
- R s'élève en précordiales gauches et S diminue à droite

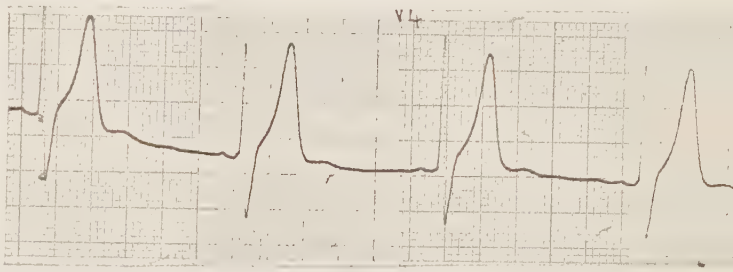
B) - Effort prolongé : travail de résistance

- rythme plus lent (40-50)
- T moyenne
- PR souvent plus long (même en tenant compte du rythme)
- AQRS entre 20° et 70°
- AT " 0° et 40°
- S se creuse en précordiales

VAGOTONIE



D2 - R. S. =55 ST SURDECALE V5 - R. S. = 65

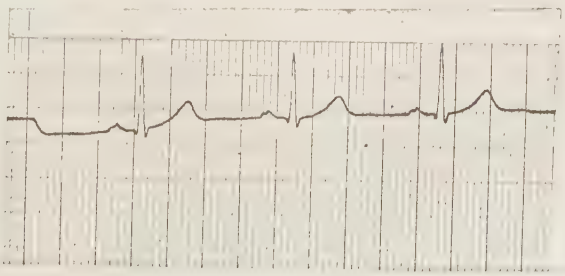


ONDES T

V3 - R. S. =57

ONDES U

V4 - R. S. =52



D2 - R. S. =69

P BIFIDE

On remarque dans l'effort prolongé par exemple que l'axe QRS se situe beaucoup plus à gauche en moyenne, et pourta on sait que les sujets pratiquant les sports demandant un effort prolongés sont souvent des longilignes, donc à axe droit (ex : athlétisme).

Il y a adaptation du coeur à la spécialité sportive :
- HVG pour les efforts brefs
- Hypertrophie biventriculaire pour les efforts longs

Ces constatations permettent (LECLERC) de contrôler de meilleure façon la conduite d'un entrainement : une onde T d'amplitude stationnaire par exemple s'associe le plus souvent sur les tracés à une prédominance gauche ou droite exagérée (disproportion coeur droit coeur gauche), signe d'une mauvaise adaptation cardio-vasculaire ; l'accroissement de S en V1 - V2 coïncide avec celui de la résistance, l'augmentation de R en V5 - V6 avec celle de la vitesse.

RAPPEL DE QUELQUES VARIATIONS PHYSIOLOGIQUES

Nous faisons ici un bref rappel de quelques variations physiologiques de l'E. C. G. ; en effet, nous demanderons au sujet pendant l'enregistrement des positions, des temps respiratoires différents ; nous devrons prendre aussi en considération la constitution anatomique, l'âge, peut-être le sexe du sujet. Il faudra donc toujours juger en fonction de toutes ces variables.

1 - Respiration

- axes :
inspiration : dévient vers la droite
expiration : dévient vers la gauche

- rythme : variation surtout chez le sujet jeune et vagotonique
en fin d'inspiration : augmentation (réflexe de Bainbridge)
en fin d'expiration : diminution

On observe très souvent des arythmies respiratoires chez les sportifs jeunes.

2 - Constitution somatique :

- longiligne, maigre : axe droit ; P hautes en D2 - D3 - aVF
- Bréviligne, obèse : axe gauche.

3 - Age :

- chez l'enfant :
fréquence plus élevée
axe plus à droite
on admet une onde T négative en V1 - V2 - V3 jusqu'à 10-15 ans, et en V1 - V2 jusqu'à 25 ans environ.

L'enfant est très sensible aux influences neuro-végétatives.

- âge avancé
type gauche
diminution des amplitudes
souvent T isoélectrique et discordant

4 - Postures :

décubitus -- orthostatisme = axe vers la droite, légère augmentation de la fréquence, élévation de P en D2 - D3 - aVF, T s'aplatit.

Cette traduction du changement de position est très marquée dans la dystonie neuro-végétative. Elle conduit alors à un abaissement plus ou moins prononcé de ST, à un aplatissement ou à une négativation de T et de U ; les limites entre un E. C. G. d'orthostatisme normal et pathologique sont floues. Les signes cliniques et E. C. G. de l'orthostatisme peuvent être dus soit à un retard de la contre régulation périphérique (voir tests fonctionnels), et dans ce cas apparaissent dès que le sujet est debout, soit provenir d'une dysfonction lentement progressive de la vasomotricité, la réaction ne survenant dans ce dernier cas qu'avec un retard de 5-10 mn.

Le test d'orthostatisme à l'E. C. G. est fréquemment employé pour mettre en évidence ce déséquilibre neuro-végétatif.

En résumé, selon les différentes positions : diminution de la T. A. différentielle et R vers la droite, T vers la gauche.

- horizontale (décubitus dorsal)
  rotation vers la gauche de R et de T
- flanc gauche
  rotation vers la gauche de R et de T
- flanc droit
  rotation vers la droite de R et de T avec diminution du voltage de V5 et V6
- décubitus ventral
  déviation vers la gauche de R. T variable.

5 - L'effort :
Nous consacrerons plusieurs chapitres aux modifications du tracé dues à l'effort.

6 - Influences neuro-végétatives :
Nous avons vu que chez le sportif le système parasympathique influence l'E. C. G. d'une façon typique et souvent très marquée.

La sympathicotonie elle, peut poser de difficiles problèmes de diagnostic différentiel : le point de départ de ST est abaissé surtout en II, III, aVF, V4-V5-V6 (mais ensuite présente un trajet ascendant). T peut perdre son amplitude dans toutes les dérivations.

On peut admettre que les modifications E. C. G. ont une base purement neuro-végétative quand par exemple un EC. G. de vagotonie se normalise sous augmentation du tonus sympathique (effort corporel) ou par diminution (par atropine) du tonus parasympathique. Le contraire est également vrai : retour à la normale d'un E. C. G. de sympathicotonie ou de tachycardie par le repos (30 mn en position couchée), la défervescence ou sous l'influence d'un sympatholytique (ganglionnergène). Les modifications fonctionnelles des segments ST-T s'effacent aussi souvent par l'ingestion de potassium. Il faut cependant se méfier de ces drogues qui peuvent agir bénéfiquement et momentanément sur des troubles organiques.

7 - Sexe :
Le voltage des complexes ventriculaires initiaux et finaux est nettement supérieur chez les hommes que chez les femmes surtout en précordiales.

Nous n'avons relevé aucune différence signifi-

8 - Alimentation :

Ceci parait de peu d'importance ; en fait, il faut savoir qu'après un repas copieux, T peut être aplati ou même faiblement négatif en périphériques, mais surtout en précordiales V2 à V5, donc il ne faut pas interpréter ceci comme une méforme comme nous l'avons dit plus haut. On devra s'assurer surtout chez l'enfant, que T est normal par un contrôle à jeun. Il faudra se méfier également des sujets souffrant d'aérophagie, l'axe de T et de R pouvant être légèrement dévié à gauche. Il ne saurait être question de parler ici de troubles ou de variations E.C.G. dues à l'absorption de drogues ou de vitamines.

Nous voyons donc, qu'il sera nécessaire de tenir compte pour l'interprétation de l' E.C.G. de toutes ces variables étant donné que les variations que nous rechercherons au repos et lors de différentes épreuves seront généralement peu importantes et il faudra être sûr de la cause exacte de ces modifications, sans aucune interférence ou en étant averti des effets précis de ces interférences.

LES METHODES D'ENREGISTREMENT E. C. G.

Les enregistrements doivent être effectués soit pendant, soit immédiatement après effort ; cela nécessite donc une technique un peu particulière ; il faut éviter en premier lieu les perturbations d'origine musculaire qui rendent les tracés illisibles ; il faut d'autre part permettre au sujet de se mouvoir, librement c'est-à-dire le libérer des fils le reliant à l'appareil.

On utilise donc selon les cas deux techniques :

- l' E. C. G. classique
- la rédio-électrocardiographie.

1) - L ' E. C. G. CLASSIQUE

On utilise alors des artifices pour éviter les fibrillations musculaires.

1 - L'effort statique ne pose aucun problème particulier ; le patient est allongé, bien détendu ; un aide tient d'une main l'appareil de Flack bien en vue, de l'autre l'embout buccal qu'il introduit lui-même dans la bouche du sujet ; ce dernier ne doit sous aucun prétexte se servir de ses mains et ses muscles du cou doivent être bien relachés.

On enregistre classiquement les dérivations D1 - D2 - D3 aVF, et s'il y a lieu en cas de bloc de branche, les dérivations précordiales droites.

2 - L'effort dynamique pose des problèmes beaucoup plus importants.

A - pendant l'effort : il faut choisir pour fixer les électrodes des zones de moindre activité musculaire ; les zones de fixation devront donc varier avec le type d'effort demandé ; en général, nous demandons des efforts se situant au niveau des membres inférieurs ; dans ce cas, nous plaçons nos électrodes à l'extrémité des creux sous-claviculaires et dans les triangles de G. L. Petit

Avec cette tecnique, nous obtenons des tracés assez satisfaisants pendant les épreuves type step-test, flexions de jambes, et sur bicyclette ergographique ;

Cela suppose néanmoins une mise en garde du sujet, afin qu'il relâche au maximum les muscles situés dans les zones de fixation des électrodes.
LYNCH, KOFF et Mc LEAN ont proposé une méthode un peu différente: le patient est préparé par application de trois électrodes, une située au niveau de la moitié droite du front, la seconde sur la ligne axillaire moyenne gauche, au niveau du 5e espace intercostal, et la troisième au niveau de la pointe de l'omoplate droite; de cette façon le patient a les bras et les jambes libres et peut effectuer une épreuve d'effort sur tapis roulant, sans provoquer de mouvement des électrodes qui rendent la lecture de l'E. C. G. difficile.
Certains, et notamment l'école soviétique, utilisent un type un peu particulier de dérivations: le système NEMB; dans ce système on place l'électrode du bras droit à l'insertion sternale de la deuxième côte droite, celle du bras gauche à hauteur de la projection du choc de la pointe sur la ligne axillaire postérieure gauche, et l'électrode de la jambe à la pointe du coeur. On a ainsi des dérivations dorsales (ND), antérieures (NA) et inférieures (NI).
D'autre part, on peut utiliser deux autres dérivations N1 et N2 comme il est indiqué sur la figure.

B - après effort: pour enregistrer immédiatement après effort, il faut éviter une perte de temps (par exemple faire allonger le sujet après ses vingt flexions). Nous préférons pour cela faire effectuer au sujet vingt élévations des membres inférieurs à 45°, à raison d'une toutes les deux secondes.
De cette manière, nous pouvons enregistrer (avec un appareil à trois dérivations simultanées de préférence) dès le 19e mouvement; il est même possible de prendre des lambeaux de tracé entre chaque élévation (deux ou trois complexes).
Il faut toujours préciser au sujet qu'il doit pendant cet exercice faire de larges mouvements inspiratoires et expiratoires, sinon l'épreuve se ferait à thorax bloqué et ne pourrait être considérée comme dynamique.

2 - Le radio-électrocardiographe

On utilise ici des liaisons "radio" pour n'apporter qu'une gêne minime aux mouvements et aux déplacements du patient.

L'appareil du CMS de Tours se compose :

- d'un émetteur de puissance émise suffisante pour assurer une liaison en espace libre supérieure à 100 m.

Le relevé de l'E.C.G. est réalisé par 2 éléctrodes en clinquant d'acier inoxydable, protégées par une couche de silastène.

L'alimentation est assurée par 3 piles au mercure.

Les électrodes sont placées comme indiqué ci-dessus. Nous préférons pour notre part les lipalaires suivantes ;

- creux sus-claviculaire droit et gauche
- dérivation de Nabb N1 et N2

ou plutot

- la lipolaire périphérique V6R V6 qui donne une amplitude suffisante au tracé ; en effet ce système radio a tendance à diminuer les amplitudes

- d'un récepteur comprenant :
  - un oscilloscope de contrôle
  - un enregistreur sur papier.

Les tracés obtenus par ce dispositif radio sont le plus souvent lisibles et fort intéressants, mais il faut savoir que bien souvent même au repos, le segment ST est déprimé, et l'onde P passe inaperçue ; on a donc intérêt au repos à faire un tracé comparatif avec un appareil classique.

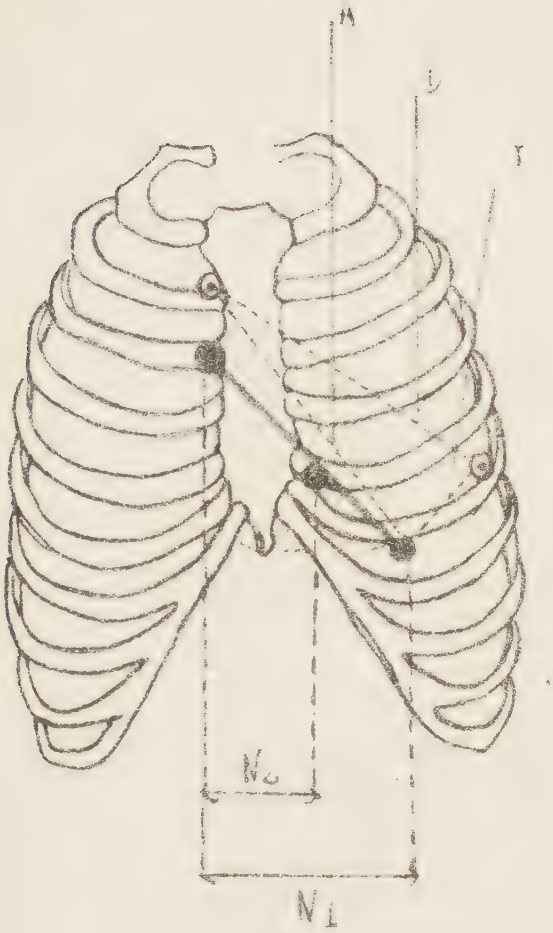


Fig.° : Variations de Pohl
(d'après Butschenko)

INTERET DES EPREUVES D'EFFORT

sous E.C.G.

1) - EN CARDIOLOGIE CLASSIQUE

L'étude des modifications de l'E.C.G. pendant l'épreuve d'effort, immédiatement après, puis à des intervalles de 3, 5, 10 mn, sert à apprécier, en clinique, l'irrigation coronaire du myocarde ; l'épreuve d'effort n'est indiqué que si le diagnostic est incertain ou ne peut être fait sur l'E.C.G. au repos (20 à 30 % des cas environ). On se souviendra que le diagnostic d'angine de poitrine est avant tout un diagnostic clinique, et que l'épreuve d'effort même en cas d'insuffisance coronaire avérée peut rester normale dans 10 % des cas environ. L'épreuve d'effort est contre indiquée chez les patients de plus de 70 ans quand il y a eu infarctus, et surtout en cas de menace d'infarctus, et d'infarctus frais, dans l'angor pectoris cliniquement certain, quand le tracé est déjà pathologique au repos, dans l'insuffisance cardiaque, l'hypertension grave et le mauvais état général.

L'épreuve d'effort doit être immédiatement interrompue dès l'apparition de signes de sténocardie.

L'épreuve d'effort est superflue même si l'E.C.G. est normal au repos, quand l'anamnèse et les signes cliniques sont caractéristiques.

L'épreuve d'effort n'a pas de valeur chez un patient traité à la digitale ou à la quinidine (l'épreuve peut-être alors faussement positive). L'appréciation est rendue difficile lors d'une importante tachycardie, telle qu'elle se produit précisément chez les individus neuro-végétatifs et eu entrainés.

L'épreuve doit être adaptée aux conditions individuelles (âge - poids - stade d'entrainement - symptomatologie clinique). La façon la plus simple de la réaliser est l'épreuve de l'escalier (150-250 marches à une cadence plus

ou moins rapide). L'épreuve peut être réalisée selon la technique de Master (two step exercice) : le patient monte et descend 2 marches hautes de 29 cm disposées dans le local d'enregistrement.

Le nombre des marches ainsi que le temps dans lequel le test doit être effectué, sont donnés par un tableau en fonction de l'âge, du sexe et du poids ; en fait, le test est plutôt qualitatif que quantitatif et on laissera le patient monter et descendre l'escabeau à son rythme propre sans forcer sa cadence, on insistera auprès de lui, avant l'épreuve, pour qu'il annonce sans retard l'apparition de douleurs angineuses. L'enregistrement de l'E.C.G. (I-III-V2-V4-V6) a lieu avant et immédiatement après l'épreuve, puis après un espace de 3, 5 et même 8 mn car la réaction pathologique peut être retardée dans certaines circonstances.

Si cela est possible, l'E.C.G. doit être enregistré pendant l'épreuve. Le pourcentage des résultats positifs est encore légèrement augmenté. On peut considérer que la réaction d'effort a une signification pathologique quand apparaissent les différentes altérations E.C.G. suivantes :

- sous dénivellement rigide de ST raccordé à l'onde T par une cassure (LENEGRE)

- inversion de T en D1 ; nous verrons plus loin que les variations d'amplitude et de sens de T en D2 et D3 nous paraissent moins spécifiques.

- l'inversion de U (parfois seul signe) ; rappelons qu'une onde U négative est considérée comme pathologique ; elle est mise alors en rapport avec une H.T.A., une insuffisance coronaire, in infarctus myocardique, des lésions valvulaires aortiques, un coeur pulmonaire, une onde U (-) (+) est déjà un signe de suspicion.

2) - AU COURS DU CONTROLE MEDICO-SPORTIF

Dans ce cas nous demanderons beaucoup plus de nuances à l'épreuve d'effort.

manifestement anormaux et pathologiques.

L'épreuve d'effort pourra mettre en évidence également une coronarite latente ; donc, comme en cardiologie classique l' E. C. G. de repos et d'effort sera utile dans le dépistage systématique des sujets présentant une cardiopathie ou atteints de troubles du rythme.

Mais dans un deuxième temps, et c'est l'intérêt principal en médecine sportive, l'E. C. G. nous renseignera sur la forme et les possibilités du sportif ; il faudra alors voir le comportement de ce dernier pendant ou après effort, afin de juger de la valeur de son adaptation à cet effort. La difficulté d'interprétation des tracés dans ce cas réside dans le fait que les modifications des images E. C. G. sont souvent très proches des modifications considérées comme pathologiques et même fréquemment confondues avec elles.

Dans l'effort dynamique, des altérations mineures de l'E. C. G., et en particulier des troubles mineurs de repolarisation portant sur T sont souvent observées sans que l'on puisse affirmer leur nature pathologique. Or, ces altérations en particulier : diminution d'amplitude de T en D2, inversion plus profonde de T en D3 et VF, sont presque toujours associées à des modifications de l'axe électrique de R, et c'est la modification concomitante de l'axe électrique de R et de T qui les explique. C'est ainsi que l'aspect T2 aplati, T3 inversé, enregistré après une épreuve d'effort ne doit pas être systématiquement interprété comme témoignant d'une insuffisance coronarienne postérieure. Plas souligne qu'on comprend mieux ces altérations quand on connait la modification que peut subir l' E. C. G. pendant l'effort lui-même.

Nous avons vu, selon l'exemple ci-dessus que dans certains cas, pendant l'effort lui-même, l'E. C. G. se modifiait ; T s'aplatissait en D2, se creusait en D3 et aVF, alors que l'axe électrique de R se déviait vers la droite ; cet aspect électrique disparait dès les 3 premières contractions cardiaques qui suivent l'arrêt de l'effort ; mais si on fatigue le sujet, alors les altérations persistent, et on peut les enregistrer après effort.

Si le sujet développe un syndrôme de fatigue chronique, il peut garder ces modifications de l'E. C. G. qui sont en fait celles observées dans l'asthénie neuro-circulatoire et il faut bien se garder, dit PLAS de conclure à la possibilité d'une coronarite, devant un T2 et un T3 inversés lorsqu'il n'y a pas de sous dénivellement de ST.

Un moyen de faire le diagnostic est justement de faire exécuter à ces sujets une épreuve d'effort minime, telle que celle de Martinet : 20 flexions sur les jambes, la facilité avec laquelle les troubles de repolarisation s'exagèrent (T2 s'inversant, T3 et VF se creusant, T s'aplatissant ou s'innersant en V5 et V6) paraissent caractéristiques de la labilité de ces E. C. G. que l'on peut opposer à la fixité relativede l'E. C. G. des coronariens.

Pour ceux-là, il faut une épreuve d'effort beaucoup plus intense pour arriver à modifier l'E. C. G. ; ces modifications ne surviennent quelquefois que plusieurs minutes après arrêt de l'épreuve, et la réponse n'est caractéristique que lorsque l'on obtient un décalage de ST associé.

Le problème pratique qui se pose le plus souvent, est réalisé par la constatation d'un E. C. G. présentant des ondes T assez uniformément plates, aussi bien en standard qu'en précordiales avec très souvent un aspect plus systématisé associant :
T2 aplati, T3 inversé, léger sous dénivellement de ST en aVF, T isoélectrique ou inversé en V5 - V6.

Ces sujets ne présentent pas de douleurs coronariennes d'effort, mais se plaignent très souvent d'une tachycardie inhabituelle, exagérée, pour un effort auquel ils sont pourtant accoutumés, et persistant après la fin de l'effort, plus longtemps qu'il n'était habituel auparavant.

Plas et Bourdinaud, dans ces cas soumettent les sujets aux épreuves au gynergène et au potassium.

L'épreuve au potassium : les modifications fonctionnelles ayant une base purement neuro-végétative s'effaçent souvent après ingestion de 6 g de KCl ; il faut

cependant garder à l'esprit que les substances à point d'attaque neuro-végétatif ont une action pharmacologique polyvalente et peuvent aussi influencer favorablement un trouble de la fonction, d'origine organique.

L'épreuve au gynergéné : elle provoque presque toujours le retour à une amplitude normale des ondes T ; or si on soumet ces sujets à une péreuve d'anoxie fictive en caisson, on voit parfois, à partir de 4000 m une accentuation des modifications de repolarisation, l'onde T s'inverse, et parfois il:se produit un décalage inférieur de ST, un aspect d'ischémie lésion sous endocarditique est alors réalisé sous l'influence de l'anoxie. (ceci est interprété défavorablement par LEVY, WILLIAM, BRUENN et CARR, et considéré comme très suspect d'insuffisance coronarienne). Mais si on reprend l'épreuve d'anoxie fictive en caisson après injection intra-musculaire de gynergène chez les sujets dont les altérations disparaissent au cours de cette épreuve, on constate que les troubles de repolarisation ne peuvent être reproduits.

Cela prouverait-il comme le pense F. PLAS, que l'anoxie n'agit pas directement à l'étage myocardique, mais que nous enregistrons des modifications de l'électrogénèse qui sont sous la dépendance du sympathique puisque l'action sympatholytique du gynergène met à l'abri de l'action de l'anoxie. L'anoxie agirait sur les éléments nerveux, et c'est l'action de ces éléments nerveux sur le métabolisme cellulaire myocardique qui explique les modifications que l'on peut observer, cette conception pathogénique rendrait bien compte de l'instabilité de l'E.C.G. tantôt normaux, tantôt pathologiques ; cette conception rend compte également de la labilité de ces E.C.G. qui pour des raisons variables, fatigue par exemple, mais souvent très légères changent de forme.

Résumons en guise de conclusion les arguments proposés en cas de doute qui pourront faire penser que les variations de tracés ne sont pas d'ordre pathologique :

- segment ST non modifié le plus souvent
- sujets jeunes, et cliniquement sains
- apparition rapide de ces modifications pour un effort souvent peu important
- très grande labilité des tracés d'un examen à l'autre.

En cas de persistance du doute, on pourra proposer un test au gynergène, pour prouver qu'éventuellement le segment ST sous décalé n'est que le reflet d'une sympathicotonie ; les modifications fonctionnelles dessegments ST - T s'effacent aussi souvent par l'ingestion de potassium.

L'épreuve d'anoxie en caisson est très intéressante mais difficilement réalisable en pratique courante. PLAS et BOURDINAUD répartissent les modifications du rythme cardiaque lors de l'élévation fictive en altitude :

Groupe I : accélération (droite ascendante) : type physiologique

Groupe II : constance du rythme (droite horizontale) : coeur pathologique

Groupe III : ralentissement, puis accélération : courbe en V, réaction de certains tachycardes neurotoniques

Groupe IV : ralentissement constant (droite descendante) des intolérants nerveux ou accélération puis ralentissement (courbe en V inversé) pour les insuffisants myocardiques.

Cette épreuve est classique en médecine aéronautique.

Après avoir discuté de l'intérêt des épreuves d'effort dans le diagnostic différentiel E.C.G. des cardiopathies, nous étudierons dans des chapitres séparés, les différents types d'effort proposés, avec les deux grands groupes, statique et dynamique, les techniques d'enregistrement pendant le

- L' E. C. G. DANS L' EFFORT STATIQUE -

1) L'enregistrement est effectué au cours du TEST DE FLACK : Les modifications que subit l'E. C. G. sont liées :

- à la verticalisation du coeur provoquée par la mise du thorax en position inspiratoire

- aux variations de pression dans les cavités droites provoquées par l'effort d'expiration bloquée.

Un appareil à enregistrement multiple est souhaitable, sinon on se contente d'un enregistrement en D2 ; la colonne de mercure est présentée par unaide, de telle façon que le patient puisse voir le niveau de mercure en position quasi horizontale (petit coussin sous la tête) ; l'aide, de l'autre main présente l'embout ; il est en effet très important que le patient soit le plus détendu possible au départ, c'est-à-dire, mains libres et muscles du cou non tendus. Le tracé E.C.G. est enregistré pendant l'épreuve, puis pendant les 10, 20 et 30 secondes consécutives ; en fait, le temps est fixé en fonction du retour à la normale du tracé.

Pour notre part, nous enregistrons D1 - D2 - D3 au repos, en inspiration et en expiration forcées, puis pendant une partie de l'effort (les 5 dernières secondes pour un test de 40 s. environ), et pendant 5 s. après la fin de l'épreuve ; si après ces 5 s. le tracé n'est pas revenu à la normale, nous poursuivons l'enregistrement jusqu'à normalisation ; d'autre part, en cas de bloc de branche droit, nous enregistrons systématiquement pendant et après effort en dérivation V3R - V4R - V1 - V2 et V1C2 (voir chapitre spécial).

Pendant le test :

- l'axe électrique se dévie vers la droite : en D1, l'onde S se creuse ainsi qu'en aVL dont l'aspect se rapproche de celui enregistré en aVR.

En fait, si ce type de réaction (R et T vers la droite) se retrouve pour notre part dans 95 % des cas, il est d'autres types de tracés :

. déviation de R vers la droite associée à une rotation vers la gauche de T (ce qui correspond au type III de Plas lors de l'effort dynamique) ceci dans environ 5 % des cas (signalons queces 5 % pouvaient être considérés comme fatigués").

. parfois axe de R incalculable car apparition d'images S1 - S2 - S3 (pointe en arrière)

. parfois aucune déviation d'axe ; ceci est quelquefois constaté chez les sujets petits obèses

. parfois aplattissement de T dans toutes les dérivations. La déviation vers la droite de l'axe éléctrique est très variable ; nous avons enregistré pour notre part des rotations de plus de 45°.

- l'onde P change de forme et d'amplitude en D2 - D3 (et qVF), l'amplitude de P double ou triple, cependant que le sommet devient souvent pointu ; c'est l'aspect des ondes P2 - P3 observé dans les coeurs pulmonaires chroniques, il est réalisé dès les premières secondes de l'effort pouvant toutefois n'apparaître qu'après une courte latence.

Après le test :

- l'axe électrique revient à sa position de repos et ceci après 1 ou 2 complexes ; ceci est toujours valable pour R ; mais, nous avons noté personnellement que dans certains cas, T dépassait la position initiale d'environ 10° immédiatement après effort, puis y revenait en 1 à 3 s. ; ceci correspond le plus souvent à des états de fatigue à type de "tension nerveuse".

- ces ondes P de type pulmonaire disparaissent progressivement sur 1, 2 ou 3 complexes ; la persistance après effort de ces ondes P est d'autant plus prolongée que la circulation pulmonaire manque de souplesse, ce qui est le fait des scléreux pulmonaires, des emphysémateux, des précoeurs droits pulmonaires chroniques. Nous avons vu persister durant 20 s. ces ondes P2 - P3 chez un sujet atteint d'emphysème depuis de nombreuses années. C'est donc là un moyen simple d'apprécier la souplesse d'adaptation de la circulation pulmonaire et du coeur droit. Ce test est très utile en pratique sportive chez les sujets qui n'ont pas de

lésion cardiaque, et qui s'essouflent facilement, et en cardiologie chez les scléro-emphysémateux pour mettre en évidence un début de retentissement droit.

- troubles du rythme, on voit principalement :
  - soit quelques extra systoles ventriculaires
  - soit quelques extra systoles nodales
  - parfois un rythme nodal (moyen le plus souvent)

Ces troubles sont sous la dépendance de la poussée d'influence vagale qui suit la fin de l'effort statique du "rebond vagal" (voir le chapitre des troubles de l'excitabilité).

Ces modifications n'ont aucune importance ; on ne s'en inquiètera que si elles persistent encore 10 à 15 s. après la reprise de l'inspiration.

- les variations de la fréquence cardiaque ; nous en avons parlé lors de l'étude du test de Flack simple ; le tracé E.C.G. apporte un avantage : c'est un document et la lecture des variations du rythme est plus précise.

2) Le test "des 3 apnées"

LECLERC a proposé une épreuve où il fait intervenir la répétition de l'effort : le sujet effectue trois apnées après inspiration forcée de 20 s. contre une résistance de 50 mm de mercure, apnées coupées par 3 fois 16 s. de repos. Lors de ces 3 apnées, la fréquence cardiaque s'est accrue pour revenir au rythme initial pendant la période de repos (réflexe adrenalino-secréteur ou intervention du réflexe de Bainbridge) ; les pourcentages d'accélération sont un peu plus élevés dans la deuxième série d'épreuves (70 % contre 50 % dans l'expérience de Leclerc). Ce dernier attache une certaine importance à l'indice expérimental :

$$\frac{\text{Nombre des pulsations des 16 s. de repos}}{\text{Nombre des pulsations des 16 s. le précédent}}$$

Contrairement à celui des expirations forcées, cet indice est d'autant meilleur qu'il est plus bas.

- cet indice est abaissé lors de la 2e épreuve (après entrainement)
- la 3e apnée s'accompagne d'une meilleure adaptation cardio-vasculaire (indice inférieur à celui des 2 premières)
- il dépasse souvent l'unité chez les sujets en mauvaise condition physique.

Les modifications E.C.G. outre la fréquence, durant ce test ressemble à celles provoquées par le test de Flack :

. ondes P "pulmonaires" disparaissant au repos
. aplatissement des ondes T
. diminution de l'amplitude de R
. élargissement de QRS au cours de la 3e apnée chez les sujets fatigués ou surmenés.

En conclusion, et en rappelant les mesures oxymétriques exposées au chapitre "effort statique", nous aurons :

a) sujets aptes
- désaturation progressive au cours des 3 apnées avec retour rapide (moins de 12 s.) au chiffre initial
- augmentation notable du rythme cardiaque (supérieur à 40 %)
- indice expérimental inférieur à 0,80.

b) sujets inaptes
- désaturation faible ou nulle, ou sursaturation
- faibles modifications de la fréquence cardiaque (parfois même bradycardie)
- indice expérimental voisin de l'unité.

3) Test d'apnée volontaire après expiration forcée sous contrôle E.C.G.

La fréquence :

normalement :

- très courte phase de tachycardie, inconstante
- puis ralentissement progressif du pouls pendant la période d'apnée (stimulation des centres cardio-modérateurs par anoxémie)
- dès la reprise inspiratoire : accélération immédiate, quelquefois irrégulière du rythme qui tend à se stabiliser plus ou moins rapidement (10 à 15s. dans les cas normaux), autour de son taux initial.

Mais, dans certains cas, la bradycardie de l'apnée se prolonge au-delà de 2, 5, et même 15 s.

Dans d'autres cas, la réaction d'accélération de l'apnée a été suivie très rapidement d'un nouveau ralentissement du rythme (bradycardie secondaire).

Si la bradycardie prolongée peut être considérée "comme un signe précoce d'asthénie neuro-circulatoire", la secondaire paraît une réponse physiologique normale chez certains athlètes très vagotoniques.

Les mesures de fréquence doivent être précises et possibles à tout instant, c'est pourquoi l' E.C.G. nous semble indispensable.

D'autres modifications de tracés peuvent être notées au cours de cette épreuve :

- augmentation d'amplitude de l'onde T
- diminution de l'onde Q
- augmentation de S.

On peut néanmoins noter une diminution des ondes T en rapport presque constamment avec une bradycardie prolongée.

En conclusion, le test d'apnée après expiration forcée sous double contrôle oxymétrique (voir chapitre "efforts statiques") et l'E.C.G. permet de déceler les sujets fatigués ou surmenés en cas de :

- désaturation inférieure à 10 %
- apnée inférieure à 20 s.
- récupération oxymétrique lente sup. à 40 %
- taux de bradycardie inf. à 15 %
- bradycardie prolongée (indice expérimental inf. O,90)

L'indice expérimental est le rapport :

$$\frac{\text{Nombre de pulsations durant 10 s. après arrêt du test}}{\text{Nombre de pulsations dans les 10 dernières s. du test}}$$

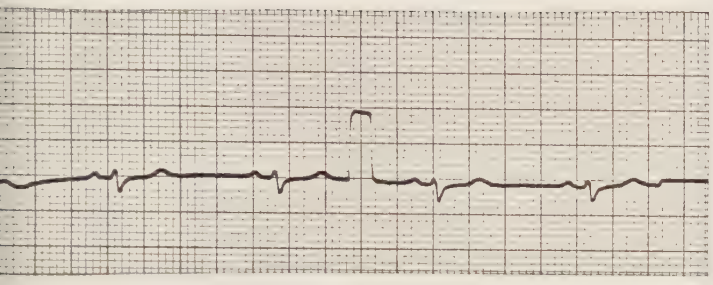
Il doit être supérieur à l'unité.

- et parfois troubles de la réponse E. C. G.

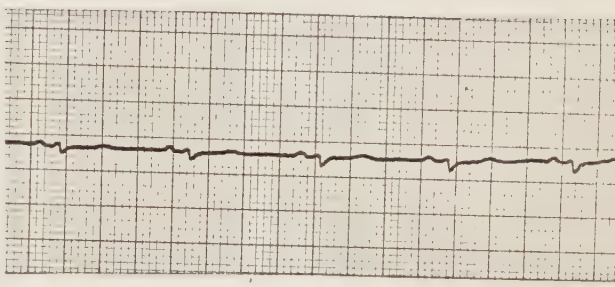
D1-D2-D3

ET

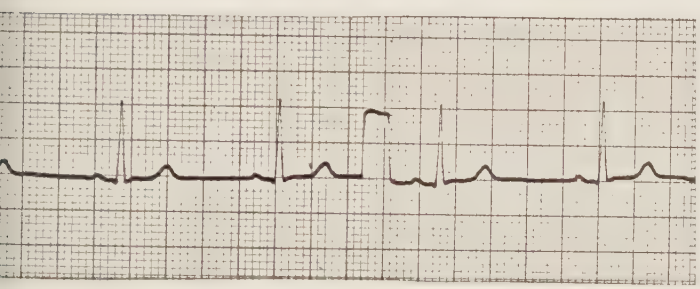
TEST FLACK



D1

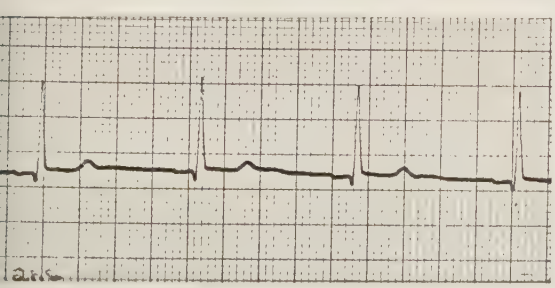


D1 FLACK

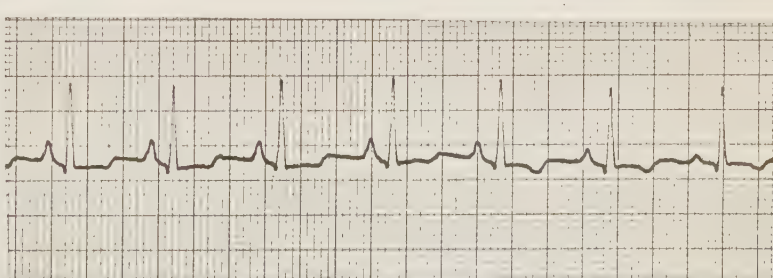


D2

D2 FLACK



D3



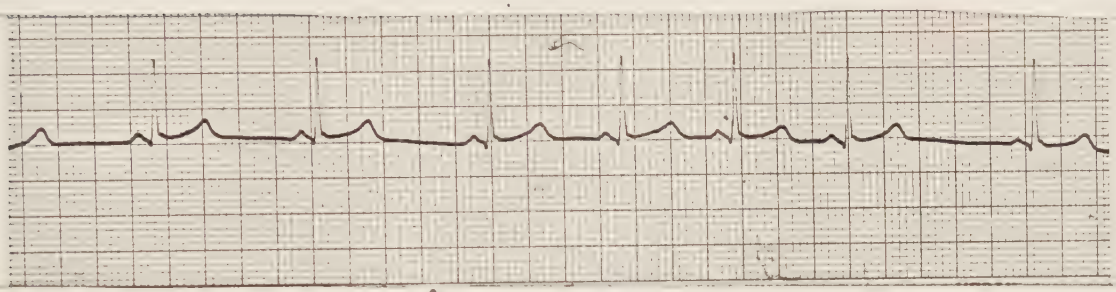
D3 FLACK

ARRET

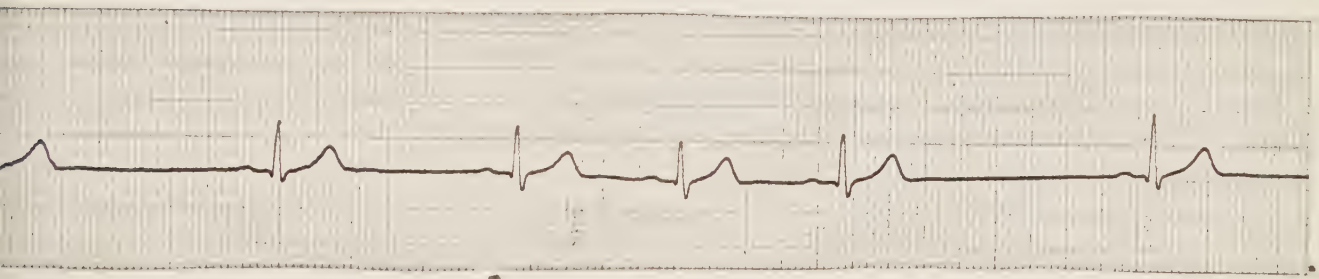
TEST D'EXPIRATION FORCEE

BRADYCARDIE

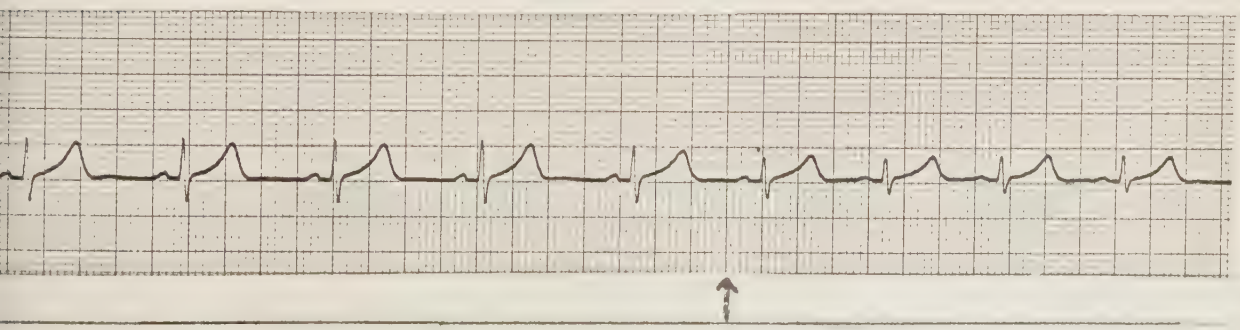
ET TACHYCARDIE COMPENSATRICE



EXP. FORCEE ARRET



EXP. FORCEE ARRET



EXP. FORCEE ARRET

CMS Tours

- L'E.C.G. AU COURS D'EFFORTS PROLONGES CHEZ LE SUJET SAIN - INTERET DANS LE DIAGNOSTIC DE FATIGUE -

CHAILLEY-BERT, PLAS et TALBOT ont noté des altérations particulières dans les dérivations précordiales lors d'épreuves sportives prolongées, par exemple "6 jours cyclistes", Tour de France. Ces modifications ont été décrites tout d'abord comme particulières à l'effet prolongé ; en fait, nous verrons qu'elles existent également à des degrés souvent moindres chez des sujets n'ayant accompli aucun effort vif ou durable, mais simplement fatigués (et présentant souvent le type III de Plas en dérivations périphériques). Les troubles sont d'apparition progressive et évoluent de A vers D.

TYPE A - Le segment ST commence à se surélever
TYPE B - ST se surélève fortement et T devient bifide
TYPE C - ST surélevé prend un aspect curviligne à concavité inférieure englobant T
TYPE D - ST curviligne est suivi d'une onde T fortement inversée, c'est l'aspect typique d'ischémie lésion.

(voir figures).

Ces altérations prédominent dans les dérivations précordiales droites V2 - V3 - V4 ; deux stades évolutifs peuvent coexister chez le même sujet, par exemple C en V3, et B en V2.

Certains ont interprétés ces troubles comme relevant d'un processus coronarien ou d'un processus inflammatoire péricardique.

Certains auteurs allemands croyant à la possibilité d'une infection focale font pratiquer une amygdalectomie. En fait, le cycle immuable de ces modifications, le contexte clinique et évolutif permet en général d'éliminer les diagnostics.

Ces altérations semblent être d'origine métabolique et ne relèvent pas simplement et uniquement de l'hypoxie.

De nombreuses hypothèses par le biais d'expériences ont été envisagées :

1) - MERCIER constate que le développement de l'onde U est responsable de certains aspects similaires provoqués par l'hypokaliémie.
Nous répondrons à ceci que pour notre part, il ne saura être question d'onde U ; nous avons appelé type B par exemple, un aspect très particulier du tracé ; il fallait pouvoir différencier trois sommets : 2 sommets de l'onde E et 1 sommet correspondant à U, de cette façon, nous ne pouvions confondre un 2e sommet de T avec une onde U. D'autre part, AUVERGNAT, DELANNES, CHAILLEY-BERT et PLAS montrent que lors des efforts prolongés par suite de l'hémoconcentration et des échanges d'ions on observe une tendance à l'hyperkaliémie. Après 6 heures de repos l'équilibre ionique est rétabli ; néanmoins, au niveau cellulaire, lors de l'effort, il y a sortie du potassium et par suite de l'augmentation de secrétion des hormones corticosurrénaliennes, il y a élimination accrue de potassium urinaire.
Signalons aussi que dans certains cas non prévisibles la surcharge en potassium peut faire disparaitre ces anomalies.

2) - CAHN et MELON grâce à des travaux sur le métabolisme cardiaque sous hibernation artifidelle et sous anoxie ont montré un lien existant entre les variations de ST et la non utilisation par le myocarde des acides lactique et pyruvique. Le décelage de ST se produit lorsque le coefficient d'extraction de l'acide lactique devient négatif (quand le myocarde doit puiser dans sa réserve de glycogène).

3) - Certains, avec FREY et KOEPPLIN ont évoqué des manifestations d'hypoglycémie avec épuisement des réserves glycogéniques. Nous avons pu faire nous-mêmes des mesures de la glycémie pour des bilans, après avoir noté des types B sur le tracé ; la glycémie a toujours été supérieure à 0,80 g.

En résumé, on a parlé surtout de trouble du métabolisme du potassium et de l'hypoxie , en fait, si un trouble ionique est en cause, il ne fait que témoigner d'une perturbation plus profonde du métabolisme cellulaire myocardique dans lequel le processus de transamination semble être en cause si l'on en juge par l'effet thérapeutique de la vit. B6 (PLAS).

CREFF explique le mécanisme d'action de la vit. B6 en rappelant que cette vitamine intervient aussi dans les processus de décarboxylation : "de fortes doses de pyridoxine, et donc de codécarboxylase pourraient entrainer une modification des taux myocardiques de sérotonine en majorant la décarboxylation du tryptophane. Le résultat s'apparenterait à celui obtenu avec les inhibiteurs de la mono ou de la diamine oxydase utilisés dans le traitement des angors et des artérites".

A. MAMBOURG, en donnant 250 mg de vit. B6 par jour pendant trois quinzaines séparées par 2 semaines de repos, à 24 coureurs de 1/2 fond de 19 à 23 ans, constate une amélioration de la résistance à l'effort enregistré au test de Letounov (étude de la T.A. max et min. et du pouls après 3 efforts successifs séparés de 3 ou 4 minutes).

Notons que les besoins journaliers moyens en vit. B6 chez l'adulte sont d'environ 4 mg, mais qu'en période de compétition, ils peuvent atteindre 15 à 30 mg ; enfin, il ne faut jamais oublier que l'on relève de nombreux cas d'intolérance à de fortes doses (supérieures à 750 mg/j.).

Signalons qu' EVANS a noté la présence d'ondes T bifides en précordiales chez des sujets atteints de cardio-myopathies alcooliques . Il n'est pas ici question de parler d'une étiologie semblable chez nos 28 sportifs, mais on peut néanmoins établir un rapport entre les troubles dûs à l'alcoolisme et les carences en vit. du groupe B.

NOTRE PROPRE EXPERIMENTATION

Nous nous sommes attachés à rechercher, au cours des visites annuelles systématiques de sportifs ces 4 types d'images E. C. G. ; l'examen E. C. G. a été fait au repos, puis pendant et après effort.

Les sujets examinés n'avaient pas effectué d'efforts particulièrement violents, et en tout cas, pas de compétition depuis plusieurs jours ; la plupart certes suivaient un entrainement physique, mais celui-ci était peu long ; notons aussi que les sujets examinés avaient évidemment une profession dont l'exercice pouvait également entrainer une certaine dépense d'énergie.

Mais quel que soit le cas, l'E. C. G. n'a jamais été enregistré après un effort prolongé marquant, du type 6 jours cyclistes ou Tour de France.

Néanmoins, sur 130 sujets (de 18 à 45 ans) nous avons retrouvé 28 cas présentant les anomalies rapportées ci-dessus ; leur répartition s'établit ainsi :

Type A rencontré 4 fois
Type B rencontré 23 fois
Type C rencontré 1 fois
Type D rencontré 3 fois.

Le total de ces types excède le nombre de sujets présentant ces altérations car 2 sujets présentaient :

- l'un le type B dans une dérivation et D dans une autre
- l'autre, les types A, B et D dans 3 dérivations différentes.

Quelles sont ces dérivations :

Le type A : a été retrouvé en :
V1 : 2 fois
V2 : 1 fois
V4 : 1 fois
Le type B :
V1 : 1 fois
V2 : 4 fois
V3 : 9 fois

V2 et V3 : 7 fois
V2, V3 et V4 : 2 fois

Le type C :
V2 : 1 fois

le type D :
V2 : 1 fois
V3 : 1 fois
V1 et V2 : 1 fois.

En fait, sur 43 dérivations "altérées" nous avons noté ces modifications :

19 fois en V3
17 fois en V2
4 fois en V1
3 fois en V4.

Donc on remarque une très grande fréquence en V2-V3 (83 % des cas)

Nous avons donc examiné 28 sujets (sur 130) présentant ces types A, B, C ou D soit 21,3 %. Aucun de ces sujets n'avait accompli un effort prolongé depuis 2 semaines au moins ; mais nous devons noter que la moitié environ de ces sujets montrait en dérivations bipolaires périphériques après effort un type III de Plas, c'est-à-dire (comme ils étaient tous indemnes de cardiopathie) le type "fatigue".

Etaient-ils tous fatigués ? Non, à les entendre dire, mais presque tous racontaient l'un l'apparition de soucis nouveaux, l'autre un passage à une nouvelle forme d'entrainement plus difficile, l'autre un changement de poste de travail, l'autre encore la préparation d'un examen. Tous en fait, avaient des "raisons d'être fatigués", mais beaucoup ne le savaient pas.

Nous n'ouvrirons pas ici, ce n'est pas le but de ces lignes, une discussion sur le concept de "fatigue", disons que nous sommes ici même en contradiction avec la définition, ou plutot avec la pensée des psychologues qui veulent que la fatigue soit "ce que le sujet ressent", c'est-à-dire, un phénomène avant tout subjectif. Nous suivrons une fois de plus F. PLAS pour essayer de comprendre pourquoi nos 28 sujets avaient une réaction dite de fatigue, alors que beaucoup l'ignoraient ;

PLAS parle alors de "préfatigue" ; il s'appuie sur ses expérimentations pour montrer qu'un sujet se sentant en bonne forme et présentant un type A peut revenir consulter un mois après pour fatigue intense, et lors de cet examen présenter un type C caractéristique, ceci si entre les 2 examens il n'a pas ralenti son rythme de vie, non conscient qu'il était de sa fatigue.

Nous prendrons pour notre part quelques exemples pour illustrer ces faits :

CAS N°1 : c'est celui de M. C....., représentant de commerce, âgé de 45 ans, ancien sportif de valeur et qui ne dédaigne pas de faire ses 10 ou 15 kms de footing le dimanche matin.
En novembre 1966, il dût pour le compte de sa Maison tenir un stand à la Foire de Paris, ceci durant 15 jours, sans interruption et il est à noter que presque tous les soirs il devait recevoir à dîner ses éventuels clients, ceci au détriment de son sommeil.
Rentré à Tours, il vint consulter au Centre Médico-Sportif pour adynamie, asthénie, anorexie.
L'E.C.G. montre un type D en V1 et V2, et un type B en V3 ; le tracé par ailleurs ne montrait aucune autre anomalie cardiaque ; on notait à l'épreuve d'effort un type III de Plas.

(voir E.C.G.)

Nous avons conseillé à ce sujet de se reposer tant physiquement qu'intellectuellement et nous lui avons ordonné la prise d'un produit à base de vit. B6 ; nous l'avons revu 5 semaines plus tard. A l'E.C.G. les types B et D avaient disparu, et le tracé était tout à fait normal ; la hauteur des ondes T avait quadruplé. D'autre part, à l'épreuve d'effort on notait un type I et non plus III de Plas.
Evidemment, nous avons associé repos (qui n'a été seulement qu'une diminution d'activité et vit. B6) ce qui empêche de préciser si l'action est dûe à l'une ou à l'autre indication.

CAS N°2 : à peu près inverse.
Il s'agit du jeune A.P....., 12 ans qui pratique la natation, la gymnastique, l'aviron et veut mener à bien ces 3 disciplines tout en faisant ses études secondaires. A l'E.C.G. nous avons noté la présence d'un type III de Plas et en V2 on pouvait voir une onde T aplatie dans son sommet à la limite de la bifidité ;

cette image est assez fréquente, nous l'appelons type B stade I. Ne se sentant pas fatigué, et malgré nos conseils de limitation, ce jeune garçon a poursuivi ses activités et 1 mois plus tard il est revenu consulter parce qu'il ne pouvait plus suivre physiquement le rythme qu'il s'était imposé. A l'E. C. G. en plus du type III on a un type B très net (stade II) avec distinction parfaite des 2 sommets de T, ceci non seulement en V2, mais encore en V3 et les ondes T dans ces 2 dérivations, comme d'ailleurs dans toutes les précordiales avaient diminué de 3 à 4 fois leur hauteur initiale.

(voir E. C. G.)

En résumé, la présence d'un type III
d'un type B
et de la diminution nette de hauteur de T en précordiales ont exactement correspondu à un syndrome clinique de fatigue ; les types III et B "stade I ou précoce", ont été les signes objectifs avant coureurs (et en sachant les découvrir, on peut donc empêcher un stade de préfatigue, de se transformer en fatigue réellement ressentie par le sujet).

CAS N°3 :
Étude d'un groupe homogène : 32 filles préparant PI (professorat d'Education Physique), c'est-à-dire soumises à des épreuves physiques et intellectuelles relativement importantes. L'E. C. G. n'a pu hélas n'être enregistré qu'une seule fois, mais le point important est qu'il l'a été 8 jours avant l'examen, c'est-à-dire dans les "meilleures conditions de fatigue", et cette fois avouée à 75 %.

Nous avons relevé 14 E. C. G. perturbés de type A, B, C ou D, 14 sur 32 soit 43,7 %.
On a trouvé : 13 types B
1 type D
Dans 7 cas en V3 seul
Dans 2 cas en V2 seul
Dans 4 eas en V2 et V3
Dans 1 cas en V2-V3 et V4.

Donc : en V3 12 fois
en V2 7 fois
en V4 1 fois.

Nous avons pratiqué des épreuves d'effort chez toutes ces jeunes filles ; l'enregistrement en position allongée après 20 élévations des membres inférieurs a donné des modifications intéressantes en D1 - D2 - D3 (nous en parlerons), mais aussi en précordiales :

- si au repos nous n'avions aucune anomalie du type A, B, C, D nous n'avons eu aucune apparition d'un de ces types dans les mêmes dérivations précordiales, après effort.

- mais dans les mêmes dérivations aussitôt après épreuve nous avons remarqué que :
  . 2 types B se transformaient en type C
  . 1 type B se transformait en type D
  . et 1 autre type B "précoce" (sommet aplati) se transformait en B classique.

On parle alors ici d'action métabolique très rapide (les modifications apparaissant très rapidement), et évidemment d'hypoxie.

Signalons que toutes ces jeunes filles étaient indemnes de cardiopathies, et ne présentaient aucun signe pathologique cliniquement décelable.

Notons également que sur les 14 E.C.G. cités ci-dessus on en trouvait 11 à classer dans le type III (R vers la droite, T vers la gauche).

Dans ce dernier cas, on fait donc un rapprochement entre la seule "anomalie" clinique (subjective surtout) : la fatigue et la seule anomalie à l'E.C.G. ; par extension, et sur des bases statistiques on considérera ces signes E.C.G. comme des signes de fatigue.

Ces 4 types en conclusion peuvent se retrouver :

- après effort prolongé chez les sujets en bonne forme ; ces anomalies peuvent persister alors plusieurs semaines après l'effort, les sujets ne ressentant aucun trouble.

- après effort court et peu intense chez les sujets fatigués ;

- à l'E.C.G. de repos également chez les sujets fatigués.

Le rang de la lettre est considéré comme proportionnel au degré de fatigue.

La fatigue peut être réelle ou simplement à un stade encore non reconnu par le sujet (stade de préfatigue).

La connaissance de ces modifications E.C.G. chez le sportif est d'une très grande utilité, elle permet en effet de situer le stade d'entrainement : l'idéal est de conduire un athlète à la compétition à la suite d'un entrainement poussé, de telle manière que son E.C.G. présente en précordiales droites une onde T haute, homogène ou à la rigueur une image de type A.

Nous voyons qu'ici encore, en E.C.G. comme dans les épreuves cardiaques fonctionnelles, les réactions (type III et B par exemple) sont le reflet d'une fatigue générale vue à travers l'appareil circulatoire qui ne nous sert donc que de miroir.

Mais il ne faut jamais oublier que l'intégrité cardiaque proprement dite devra évidemment être prouvée avant toute chose, et c'est seulement après qu'on pourra parler de fatigue au sens large.

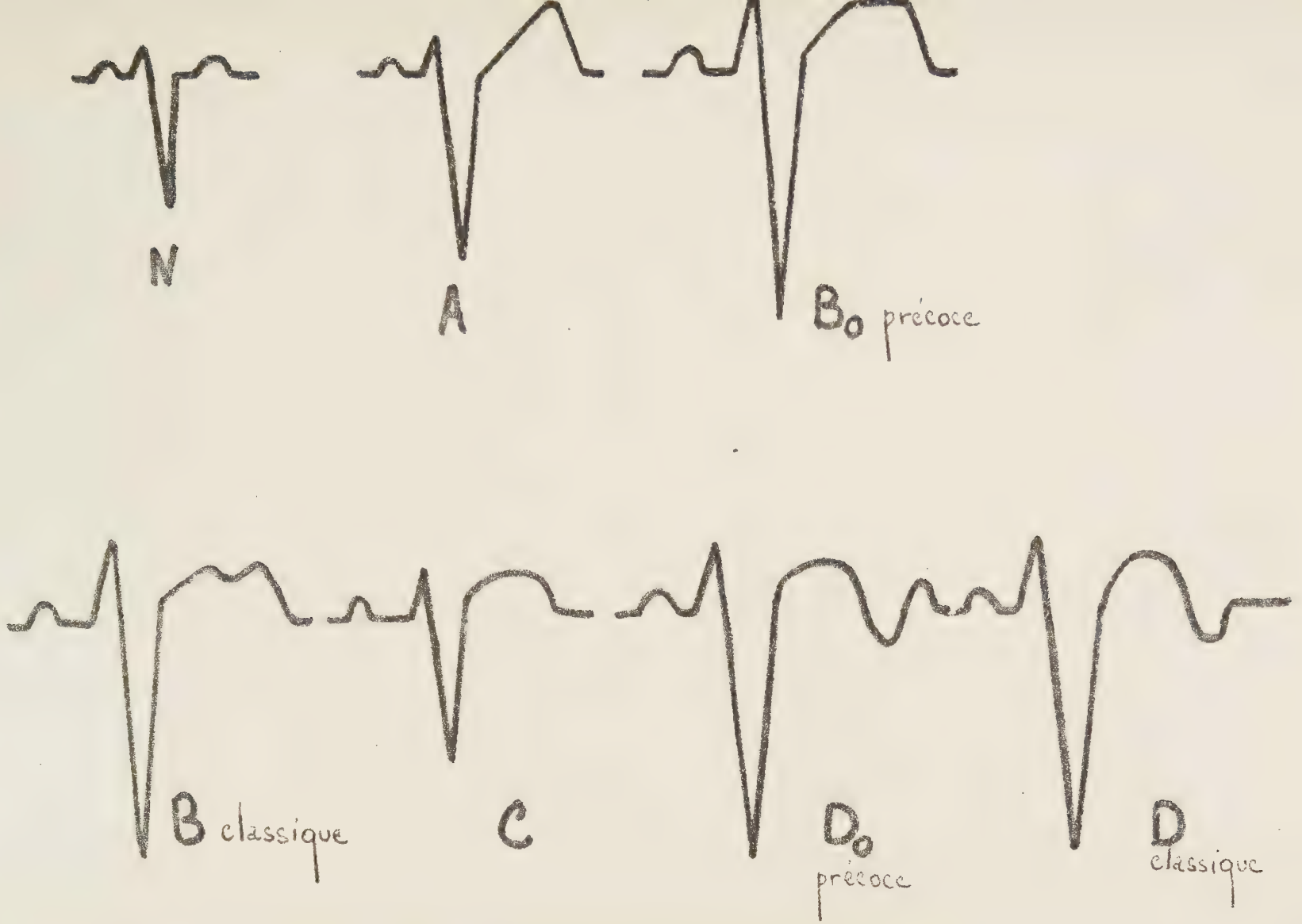
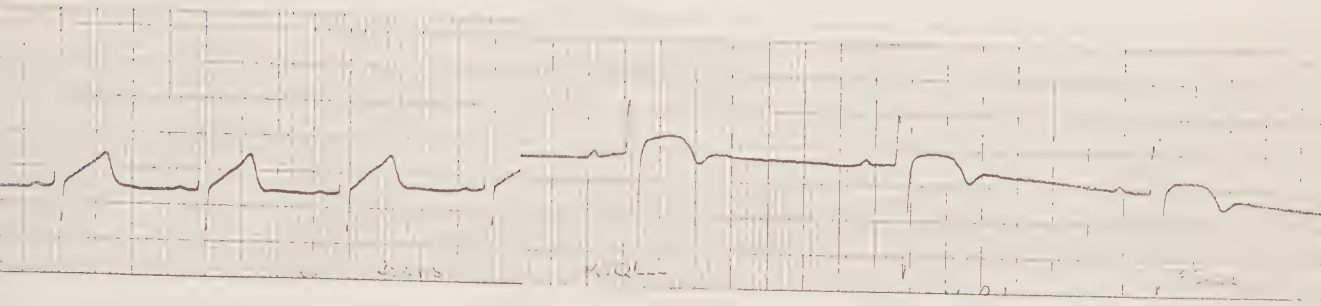


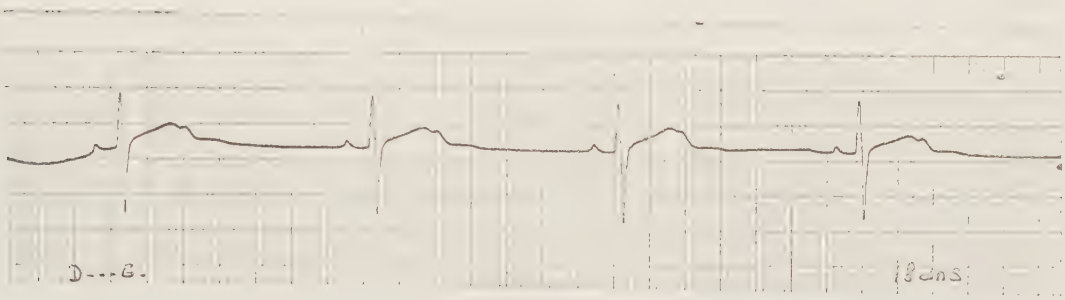
Fig.10 : Modifications du segment ST et de l'onde T au cours des efforts prolongés (ex.en V2) (d'après Plas)

3 TYPES DE PLAS



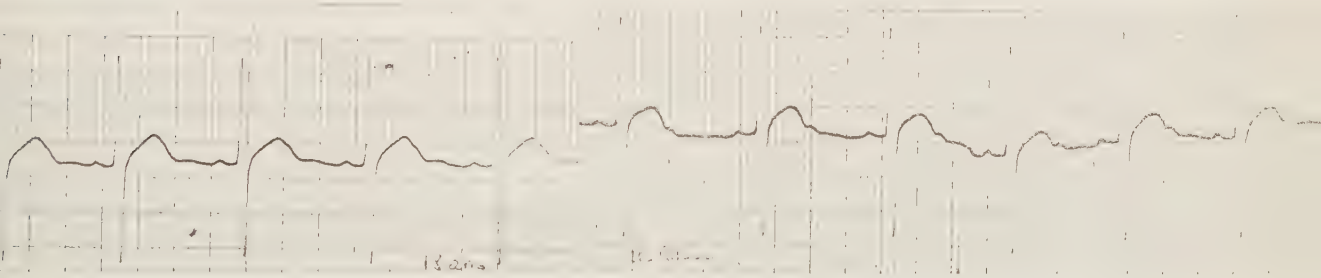
TYPE A (V4)

TYPE D (V1)



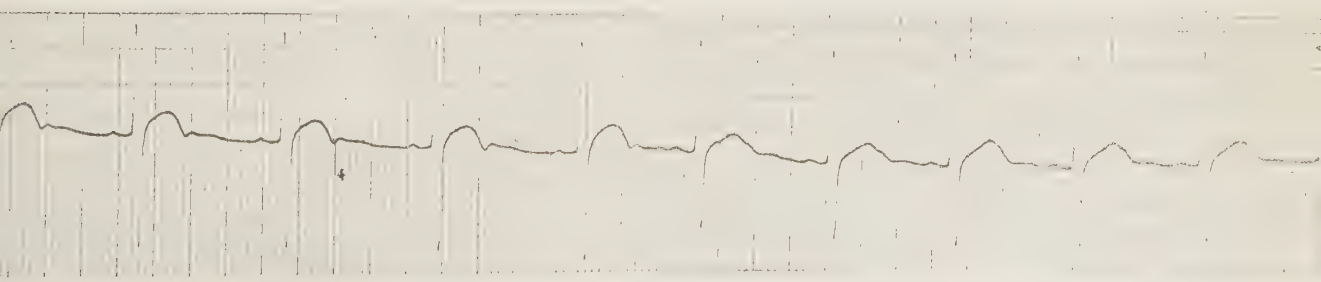
TYPE B (V3)

EVOLUTION DE L'IMAGE EN V3 APRES EFFORT



REPOS

APRES EFFORT (B+++)

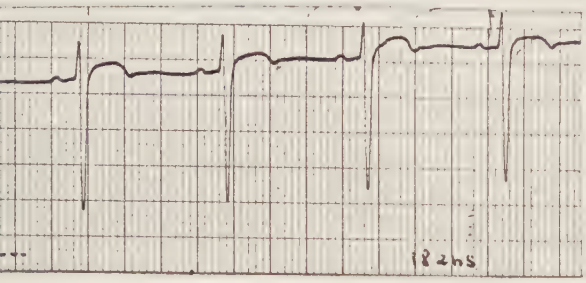


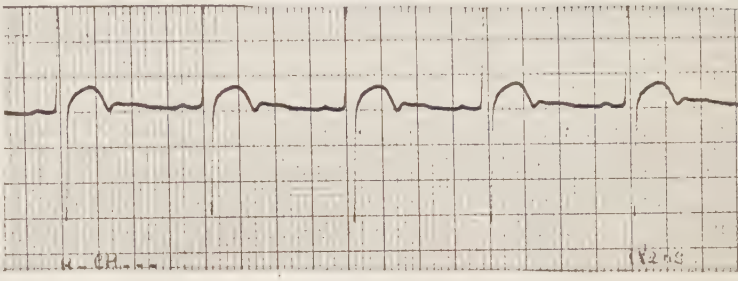
1 Mn après (D)

3 Mn après (B1)

REGRESSION de TYPES D APRES EFFORT

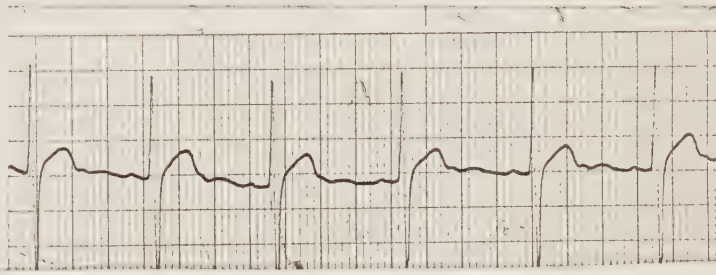
V1 — EN V1 et V3 — V3





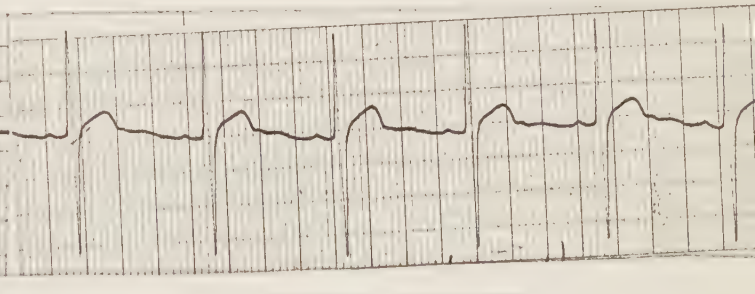
REPOS - Type D

REPOS - Type D



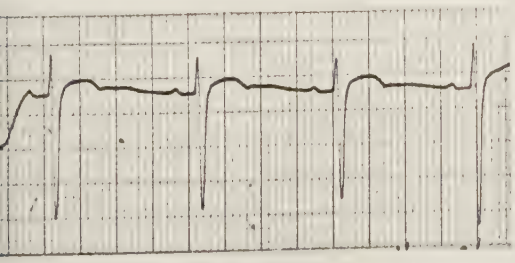
APRES EFFORT - Type B

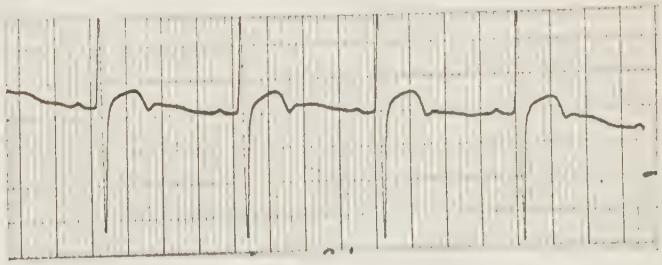
APRES EFFORT - Type B



Mn APRES EFFORT - Type B

1 Mn après: B





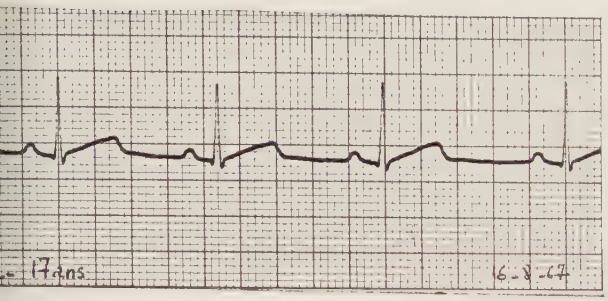
3 Mn après: Type D

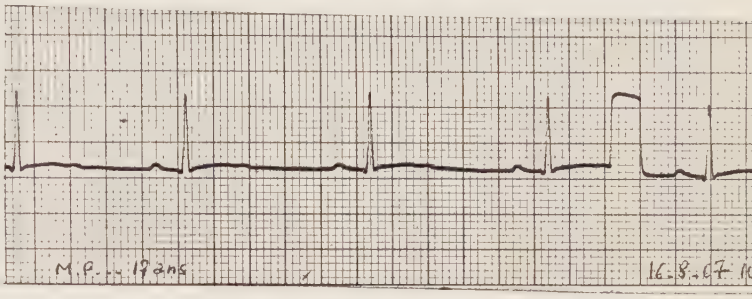
3 Mn après: Type D

D1

EPREUVE D'EFFORT

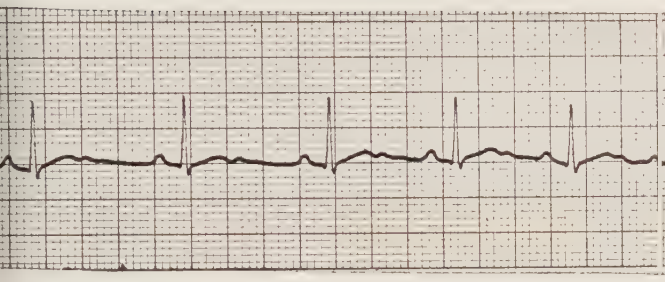
D2

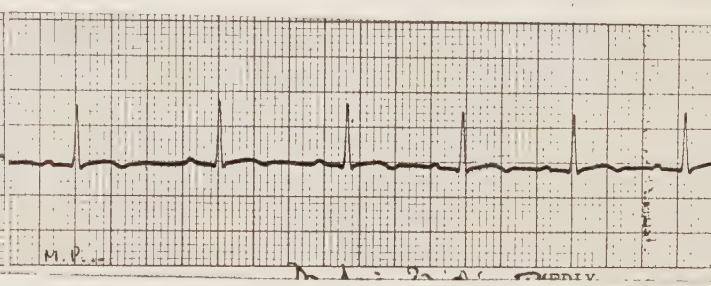




REPOS - Type A

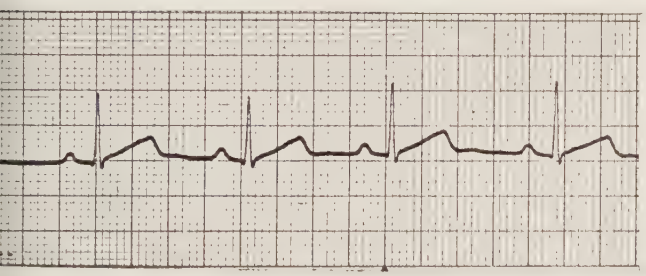
REPOS - Type B

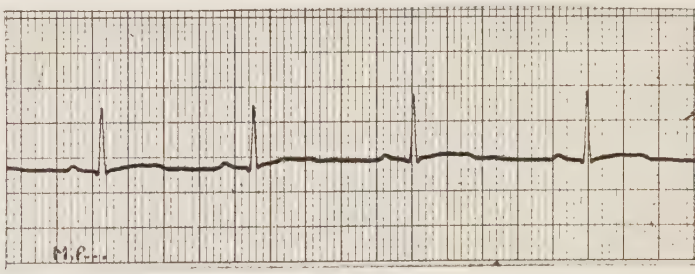




APRES EFFORT: B

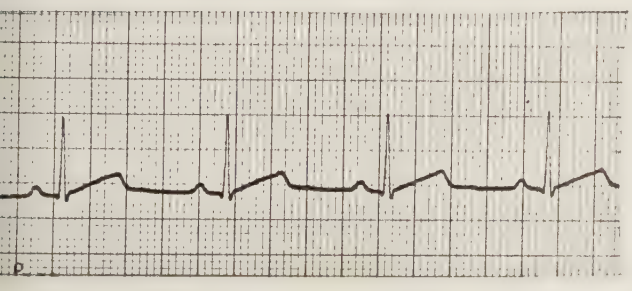
APRES EFFORT: C





1 Mn après: A

1 Mn APRES EFFORT - Type B



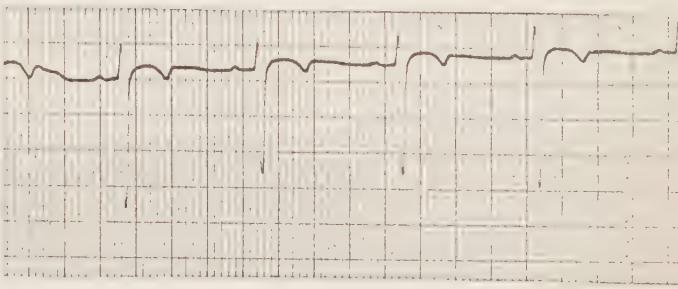
3 Mn après: A

3 Mn après: B

INFLUENCE DE LA VIT. B6

19-8-67 TYPE D

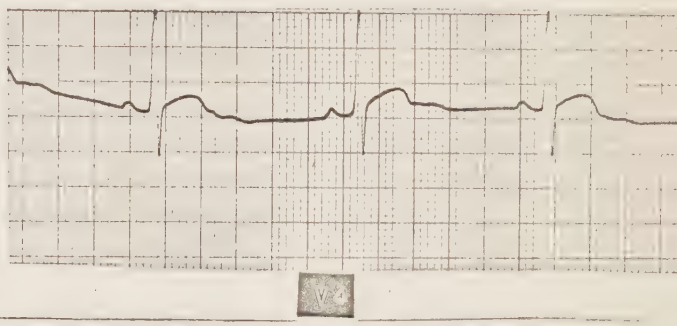
+ REPOS



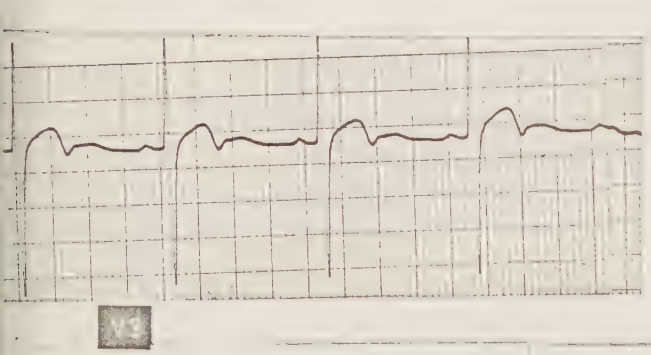
25-8-67 TYPE D

19-8-67 TYPE D

+ REPOS



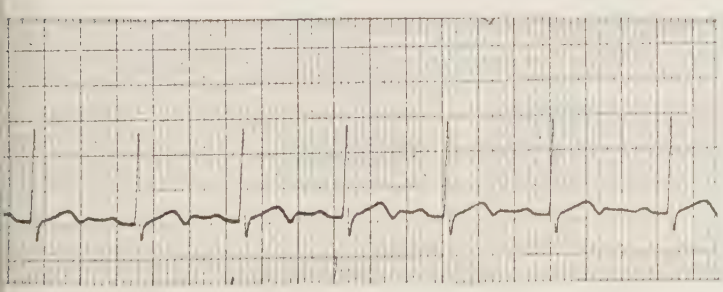
25-8-67 TYPE C



19-8-67 TYPE D

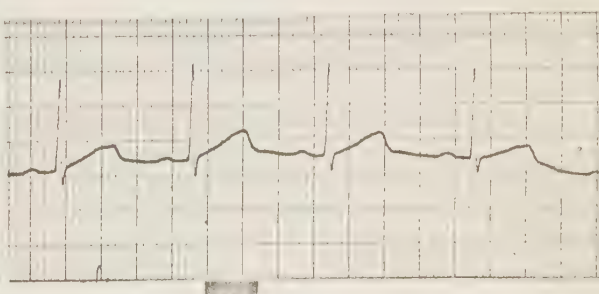
REPOS VIT B6

25-8-67 TYPE B



19-8-67 TYPE D

REPOS VIT B6



25-8-67 TYPE A

- LES BLOCS INCOMPLETS DROITS -

On sait que dans certaines carrières, l'intégrité absolue organique ou fonctionnelle de l'appareil cardio-vasculaire est exigée ; aussi la présence d'un bloc droit, même incomplet peut faire juger un sujet inapte. Il en est ainsi dans la sélection du personnel naviguant.

Doit-on faire preuve d'une telle rigueur en médecine sportive courante ; la présence d'un bloc incomplet droit doit-elle entraîner ipso facto l'arrêt de la pratique des activités physiques, alors que par ailleurs, l'appareil circulatoire paraît en très bon état ?

Nous ne pourrons pas donner ici de réponse très catégorique, nous essayerons seulement de dégager certaines nuances permettant de se former une opinion.

Presque tous les cardiologues classiques sont d'accord pour dire qu'il ne s'agit que d'une discrète manifestation électrique, d'une légère hypertrophie ventriculaire droite. Ils font évidemment une immense différence avec le bloc complet qui lui, signe un important trouble de la conduction, et est souvent en rapport avec une nette hypertrophie ventriculaire droite.

Il faut aussi faire la différence entre le bloc incomplet retrouvé dès le plus jeune âge, et le bloc d'apparition plus ou moins brusque chez un adulte ; on voit ici l'intérêt de tracés comparatifs dans le temps.

L'apparition d'un bloc chez le sujet adulte est d'un bien plus mauvais pronostic que sa constatation chez un enfant, présence qu'on pourrait qualifier de "congénitale".

Notons enfin, que ce dernier type de bloc peut disparaître chez certains à partir de 12-14 ans.

FREQUENCE

Statistiquement (LENEGRE - BAR - ZEILHOFER), les blocs incomplets sont plus fréquents chez les sujets jeunes, avec un sommet vers la trentaine, contrairement aux blocs droits complets dont le sommet se situe vers la cinquantaine ; ceci peut être mis au compte de la bénignité des premiers.

La fréquence des blocs incomplets droits chez les sportifs se situe aux environs de :

25 % pour ABUGATTAS
12 % sur 1000 sujets examinés pour PLAS
13,6 % sur 125 sujets examinés pour nous-mêmes.

L'âge moyen dans nos statistiques ne peut être déterminé valablement car nous voyons beaucoup plus d'éléments ayant entre 18 et 30 ans.

DEFINITION

On nomme ainsi l'aspect de l'E.C.G. obtenu en provoquant un retard d'activation ventriculaire dû à une conduction non interrompue, mais ralentie de la branche droite.

Dans ces cas, la durée de QRS se situe entre 9/100 s. et 11/100 s., on le qualifie "d'ébauché" quand le tracé montre certaines caractéristiques typiques d'un bloc, même s'il n'y a pas d'élargissement de QRS.

Donc, il faut avant tout fonder le diagnostic sur la morphologie de QRS, et sur le retard de la déflexion intrinsécoïde en précordiales droites, même si la durée de QRS est de 8/100 s.

BAR et ZEILHOFER affirment que dans quelques cas des blocs incomplets devenaient complets avec le temps.

Peut être est-ce là le fait du hasard, peut être ces blocs complets apparaissent-ils sur des blocs incomplets comme ils apparaissent sur n'importe quel coeur, et plus particulièrement lorsqu'on note des signes d'hypertrophie ventriculaire droite.

Pourtant PLAS a montré plusieurs exemples de tracés d'aspect en microvolté pouvant sous l'influence de l'effort portant spécialement sur les cavités droites (test de Flack), se transformer en bloc droit complet ; nous n'avons hélas pu trouver aucun cas semblable sur nos 17 blocs incomplets. Nous avons néanmoins trouvé le fait inverse : dans 6 cas, le bloc incomplet a disparu dans la ou les dérivations où il apparaissait au repos. Cette disparition est immédiate (le complexe suivant le début du test) et sa réapparition est aussi brusque dès l'arrêt de l'épreuve.

(voir figure).

Signalons que dans un cas, nous avons noté un très léger crochetage de la branche montante de S (donc pas d'onde r' à proprement parler) ; nous avons enregistré pendant le test de Flack, et nous avons constaté la disparition de ce crochetage, ce qui est très classique ; mais à l'arrêt du test, nous avons obtenu durant 4 complexes, une véritable image de bloc incomplet qui s'est ensuite rapidement estompée pour reprendre l'aspect initial.

DONNEES ELECTROGENETIQUES - ESSAIS D'INTERPRETATION

- L'électrode précordiale placée en regard d'une zone myocardique subit l'influence prépondérante de l'électrogénèse sous-jacente (du point de vue vectocardiographique, elle enregistre une composante focale certes, mais aussi une composante générale).

On peut alors se demander si l'onde r' ou R' est produite par un trouble de conduction de la branche droite, ou bien par un trouble de conduction des couches myocardiques superficielles, la partie terminale seule étant touchée (bloc sous épicardique selon Seggers).

Pour LENEGRE et KOSSMAN, il pourrait s'agir d'une activation terminale de la crête supra-ventriculaire. Il semble que ces 3 cas puissent être retenus ; nous savons en effet que le pronostic, vu plutôt la bénignité des blocs est variable ; le plus fréquemment ils sont tout à fait bénins et on est alors

séduit par le dernier cas envisagé ci-dessus par Lenègre, c'est-à-dire le bloc incomplet par activation de la crête supra-ventriculaire, véritable "bloc physiologique", pour reprendre l'expression de l'école allemande.

- L'activation est d'abord septale, puis se diffuse aux ventricules, et selon DUCHOSAL et coll. c'est la région du cône artériel qui est la dernière activée, la déflexion intrinséco'de de cette zone survenant 2/100 s. après la première déflexion de l'activation ventriculaire droite.

- Pour KOSSMAN, l'onde r' ou R' est l'image E.C.G. classique dans la dérivation intra auriculaire droite, elle représente l'activation de la crête supra-ventriculaire droite.

- L'onde r synchrone de r intra ventriculaire droit, et de r en aVR est l'onde de l'activation septale.

S intra auriculaire est synchrone de r en V5 et de S intra ventriculaire droit ou d'un crochetage de sa branche descendante ; elle traduirait l'activation de la paroi libre du ventricule gauche (PLAS).

- L'onde r de V1 semble être une onde septale et correspond à une petite onde Q en V6, S en V1 correspond à une onde R en V6, et r' de V1 correspond à une onde S en V6 ou à un changement de pente de la branche descendante de S en V6.

DAVIES et CAMARINI signalent qu'ils retrouvent dans 84 % des cas des blocs droits incomplets, non pas en V1, mais en V1 C2 - 3 ; nous avons nous-mêmes fortuitement constaté à plusieurs reprises la présence d'un bloc incomplet droit en dérivation V1C2 ou V1C3, ou dans les deux à la fois, alors qu'il n'était visible dans aucun autre standard ; en général cette constatation est souvent associée à une onde r' nette en aVR (dérivation, notons-le qui enregistre un potentiel endocavitaire).

Avec PLAS retenons que :

- le ventricule droit reste activé le dernier, et le dernier potentiel enregistré peut ne commencer que 2/100 s. après la 1ère déflexion intrinséco'de droite.

- rSr' est physiologique dans les dérivations intra-auriculaires.

A PROPOS DE 17 BLOCS INCOMPLETS relevés sur 125 sportifs contrôlés au centre Médico-Sportif de Tours.

Chez 13 garçons et 4 filles :

L'âge se situe comme suit : 13 cas entre 18 et 26 ans
3 cas entre 45 et 65 ans
1 cas âgé de 11 ans.

La direction des axes -QRS se répartit ainsi :
15 entre 30° et 90°
1 axe à moins de 30°
1 axe à moins de 90° (sujet porteur d'un entonnoir thoracique très profond)

Les axes de T ont varié de 0° à 40°

Nous avons noté sur les 17 tracés : 9 images de rotation horaires (S1 Q3)
6 images de déplacement pointe en arrière (S1 - S2 - S3).

anomalies associées : 14 sujets n'avaient aucune (autre) anomalie cardiaque
1 (11 ans) avait un espace PR à 30/100 (gaucher très entrainé)
1 (axe - 90°) petits signes d' H.A.G.
1 (62 ans) signes d' H.V.D.

Chez 3 sujets on a noté la présence d'un type B "de fatigue" de Plas en V2 - V3.

Les dérivations : en précordiales l'aspect de bloc a été noté :
- dans 15 cas en V4R - V3R - V1
- dans 1 cas en V4R - V3R - V1 - V2
- dans 1 cas seulement en V3R.

La durée du QRS :

1 fois	0,07 s
6 fois	0,08 s
2 fois	0,09 s
3 fois	0,10 s
5 fois	0,11 s

VARIATIONS DE L'ASPECT SOUS L'INFLUENCE DU TEST DE FLACK

Sur 17 blocs incomplets nous notons en précordiales :
- 9 sans changement
- 1 modification sans disparition complète
- 7 disparitions complètes avec image rS, l'onde S se creusant dès la disparition de l'onde R' ou r'.

Un cas fut un peu particulier : il n'y eut aucun changement en précordiales droites, mais l'aspect très typique de bloc en D3 disparut immédiatement.

Dans un autre cas, le bloc disparu en V1, en V3R, mais pas en V1, en V3R, mais pas en V1 C2 ni en V4R.

DOnc en précordiales :
1 fois diminution de R' ou r'
9 fois sans changement
7 disparitions complètes.

En étudiant de plus près les 7 cas de disparition complète, nous notons que :

leur durée est parmi les moins importantes :
1 cas à 0,07 s
5 cas à 0,08 s
1 cas à 0,10 s.

Dans 5 cas on a note une image S1 Q3 au repos
Dans 2 cas on a noté une image S1 6 S2 - S3 au repos.

Pas un ne présente un trouble E.C.G. cardiaque ou respiratoire quelconque.

D'autre part, et ceci semble très important, on a noté que chez ces 7 sujets lors du test de Flack avec enregistrement en D1 - D2 - D3 la classique rotation vers la droite de l'axe de QRS (en fait la verticalisation anatomique du coeur) était beaucoup plus importante que chez les autres sujets porteurs de blocs incomplets ne disparaissant pas à l'épreuve.

Nous pouvons peut être dans un premier temps envisager l'hypothèse suivante :
au repos, l'électrode enregistre des potentiels provenant d'une certaine zone plus ou moins limitée du myocarde ; pendant le test de Flack, le coeur se verticalise et la pointe subit un retrait

vers l'arrière (image S1 - S2 - S3) , de ce fait l'électrode qui elle n'a pas changé de place enregistre les potentiels issus d'une autre région cardiaque où le système de conduction hissien est normal ; donc il n'y aurait pas disparition réelle du bloc, mais captation par l'électrode d'une autre zone ; mais alors cette zone à conduction retardée devrait être retrouvée en plaçant des électrodes en d'autres points ; nous avons tenté cette expérience chez plusieurs sujets en donnant au moins une cinquantaine de positions différentes aux électrodes précordiales. Hélas, nous n'avons jamais retrouvé le bloc ; y aurait-il disparition réelle, c'est-à-dire que la conduction pourrait redevenir normale, ou bien rotation telle dans les E plans qu'on ne puisse plus retrouver le bloc.

CONCLUSION

1 - Nous avons rencontré 17 sujets porteurs de bloc incomplet droit, 14 sujets (jeunes en majorité) n'avaient aucune lésion cardiaque et n'accusaient aucune gêne fonctionnelle, les tracés E.C.G. de repos étaient normaux.

Donc, on voit déjà que ce type de bloc n'est que rarement rencontré chez des sujets suspects de cardiopathie.

2 - L'aspect du bloc incomplet droit est classique dans les dérivations intra-auriculaires.

- l'activation ultime du ventricule droit peut avoir 2/100 de retard sur l'activation initiale
- la correspondance des accidents (sous enregistrement simultané) s'établit comme suit :

	V1	V6
Figure	r ou R =	Q
Educ. Physique	S =	R
1957 - III	r' =	S ou rupture de pente de RS

Toujours en suivant le raisonnement de Plas :
r de V1 et Q de V6 correspondent à l'activation septale
S de V1 et R de V6 correspondent à l'activation ventriculaire gauch

moins une partie de l'activation ventriculaire droite R'V1 et SV6 (ou bien la rupture de pente de RS à l'activation plus tardive de la crête supra ventriculaire).

On arriverait donc à considérer r' comme physiologique, les arguments en faveur de cette hypothèse sont :

1) avant tout la fréquence de cette image de bloc chez le sujet jeune et sportif et sa bénignité ;

2) la durée des complexes n'excédant que rarement 8 à 9/100 s.

3) le fait que le début de r' se situe toujours à moins de 6/100 s. du début de l'activation ventriculaire.

Mais si ces tracés sont physiologiques, pourquoi ne les retrouvons nous que dans 13,6 % des cas dans notre statistique.

PLAS fait remarquer que l'examen minutieux de la partie ascendante de S en V1 montre une légère rupture de pente qui correspondrait à l'activation de la crête supra ventriculaire et serait l'équivalence (beaucoup moins nette) de l'image R' ou r' du bloc de branche.

Nous avons pour notre part retrouvé cette légère rupture de pente chez environ 80 % des sujets examinés, en joignant le sommet S au début de ST isoélectrique. PLAS fait encore remarquer que la surface comprise entre la ligne obtenue et le tracé de la branche ascendante de S donne une surface peu différente de celle des sommets r' que l'on enregistre.

(voir figure)

Mais alors, en dehors de ces <u>blocs dits physiologiques</u> y-a-t-il des <u>blocs pathologiques</u> et sur quel critère pourra-t-on les différencier ?

PLAS utilise l'épreuve de Flack et note que 4 cas peuvent être rencontrés.

1 - Disparition complète du bloc, r' disparait et S se creuse, T devient, la plupart du temps, positif. A un degré moindre, on note seulement une diminution de r'.

2 - Pas de changement.

3 - Apparition d'une onde R avec disparition de S et de r'.

4 - Apparition d'un bloc droit complet ; dans ce cas, l'augmentation de pressions droites complète la lésion du faisceau de Hiss, et démasque le bloc, c'est alors un véritable trouble de conduction.

PLAS représente schématiquement les variations de la projection orthogonale du vecteur R' sur l'axe représenté par la droite joignant V aux points d'origine de ce vecteur, ceci lors de la verticalisation et du retrait pointe en arrière au cours du test de Flack. R' va alors suivre le mouvement imposé à l'ensemble des vecteurs cardiaques ; R' va donc se déplacer vers la verticale et même la dépasser si la rotation de l'ensemble est importante.

Donc en V1 nous aurons :
1er cas - pas de changement
2e cas - la projection R' sera nulle - S va se creuser apparemment
3e cas - "négativation", augmentation de l'amplitude de S en V1
4e cas - très grande rotation, on enregistrera en V1 en raison de la grande prépondérance droite, une positivité électrique ; il y a surcharge droite, ceci correspond à l'apparition d'un bloc complet, c'est donc un cas pathologique.

Donc, l'épreuve de Flack a ici encore un grand intérêt, elle permet de différencier les blocs incomplets (au repos) dits "physiologiques" de ceux en rapport avec un processus pathologique ; ainsi dans le cas de l'image rSr' isolée au repos :

- si la manoeuvre fait apparaitre un bloc complet, on peut affirmer qu'il y a trouble de conduction, et le tracé doit être considéré comme pathologique.

- Si le test fait apparaitre une onde R positive, on doit suspecter une H. V. D. latente.

- Si l'épreuve fait disparaitre (ou même, dit PLAS, diminue) r' au profit de S, on peut conclure à un aspect normal physiologique. Il est même probable qu'on peut rattacher à ce dernier cas, l'aspect inchangé de r'.
Il est bien entendu évident que l'appelation de bloc incomplet physiologique ne peut être donnée que si de plus on ne note aucun signe clinique, ou radiologique de lésion cardiaque organique.

BLOCS INCOMPLETS DROITS

ET

TEST FLACK V4R-V3R

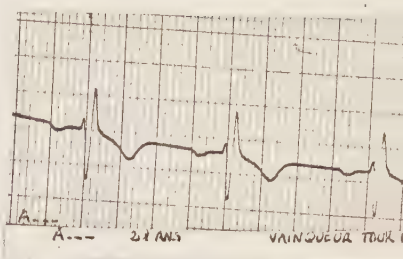
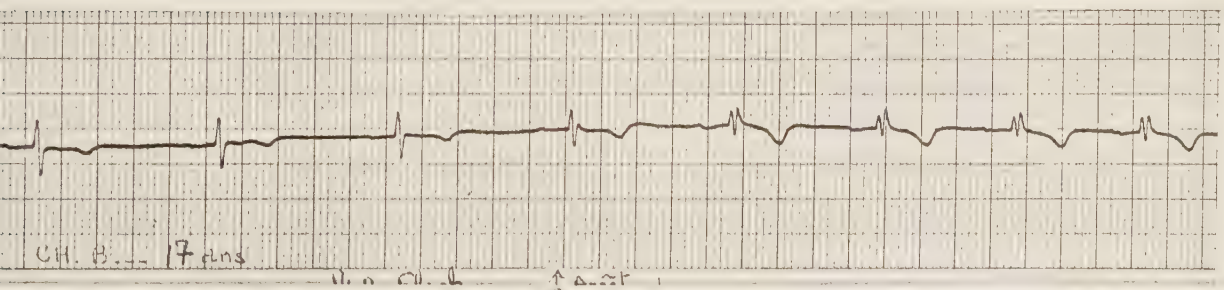


IMAGE DE BLOC EN V1C2

FLACK

FLACK ARRET

FLACK



FLACK ARRET

Fig.11 : Correspondance des accidents rsr' en V1 avec l'aspect QRS en V6

Fig.12 : Ruptu de pente de la partie ascenda de S en V1

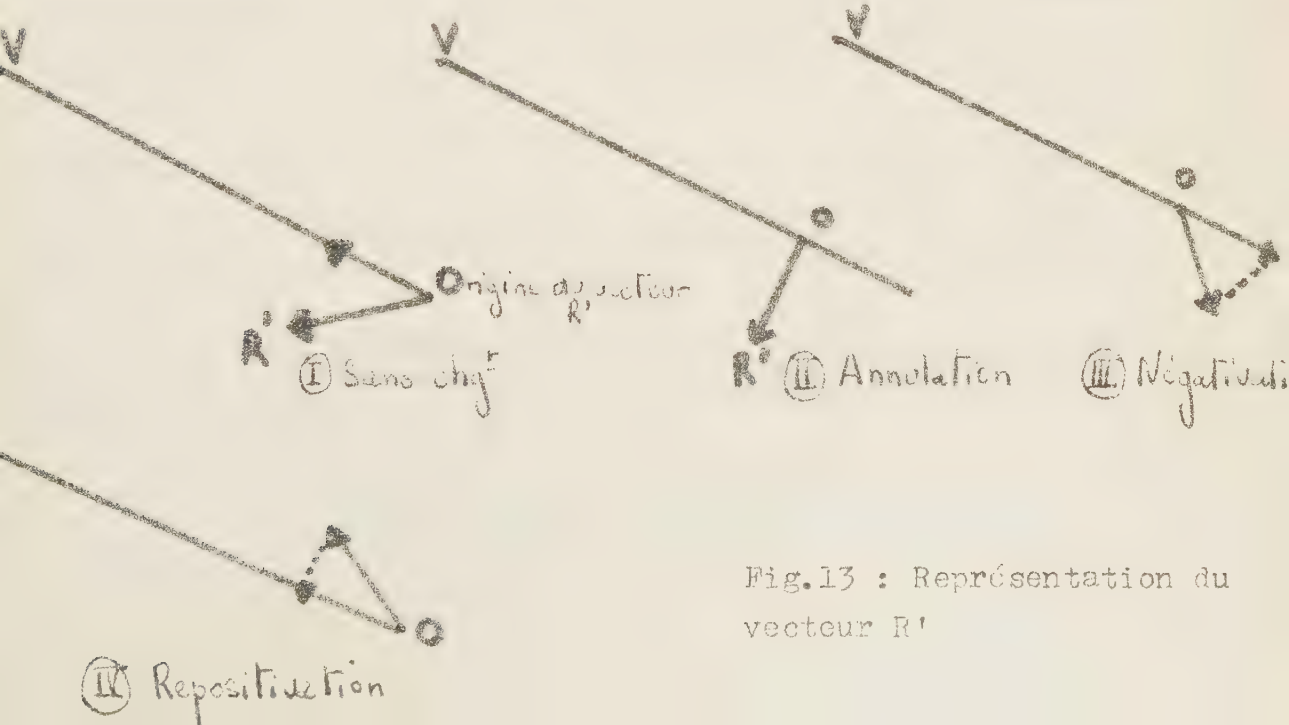


Fig.13 : Représentation du vecteur R'

TROUBLES DE L'EXCITABILITE ET DE LA CONDUCTION

- L' ESPACE PR -

Nous ne pouvons ici dissocier les termes excitabilité et conduction ; nous verrons qu'il est parfois difficile de préciser si les troubles notés appartiennent à l'une ou à l'autre propriété du myocarde et de son innervation.

Ces troubles sont peu fréquents chez le sportif : sur 127 cas, nous avons noté :

1) - Excitations ectopiques :
- 6 cas d'extrasystoles ventriculaires
- 1 cas d'excitation nodale inférieure
- 4 cas d'échappements nodaux (excitation nodale moyenne).

Sur les 6 cas d'extrasystoles ventriculaires, 2 seulement ont pu être notés au repos ; 4 fois les excitations ventriculaires ont été déclenchées soit par le test de Flack, soit par une épreuve dynamique ; elles sont apparues de 2 à 4 s. après l'arrêt de l'épreuve. Le tracé de rythme nodal inférieur a disparu après l'épreuve dynamique et n'a pu être retrouvé aux différents enregistrements effectués 1, 3, 5, 10, 20, 30 mn après, mais était de nouveau présent le lendemain.

Sur 4 cas d'échappements nodaux, 3 n'ont pu être notés qu'après effort.

Nous reviendrons sur l'interprétation qu'on pourrait donner à ces phénomènes.

2) - Troubles de la conduction auriculo-ventriculaire

Voici la durée de l'espace P-QR mesurée chez 128 sportifs examinés au centre.

0,08 s. ..... 3 cas (1 rythme nodal sup. et 2 cas de P-R à 0,08 s. sans qu'il soit possible de parler de W. P. W - 2 soeurs).

0,12 à 0,19 s.	85 cas
0,20 s.	5 cas
0,22 s.	1 cas
0,24 s.	2 cas
0,28 s.	1 cas
0,30 s.	1 cas
0,20 à 0,36 s. (période de L. W.)..	1 cas

Nous pouvons considérer que les 5 cas de Pr à 0,20 s. sont dans les limites de la normale ; en effet, la bradycardie qui les accompagnait autorise à les considérer comme tels. Il reste donc 6 cas d'allongement de l'espace PR sur 128 sujets, soit seulement 4,7 %. L'âge de ces 6 sujets varie entre 12 et 32 ans. Leur rythme se situe entre 62 et 78 pulsations par mn. Tous sont d'excellent sportifs et tous sont en très bonne santé ; pas un ne se plaint du moindre trouble fonctionnel ; aucun n'a présenté de phénomènes infectieux, d'angine rhumatismale. On est en fait devant 6 sujets montrant un espace PR long isolé ; la pratique sportive plus ou moins intense est leur seul point commun. Que faut-il en penser ? devons-nous leur conseiller la cessation immédiate et totale de leurs activités physiques ? Faut-il parler de bloc ou simplement d'allongement de PR ? Lorsque nous disons bloc, nous pensons aussitôt à un processus pathologique, nous pensons à une atteinte des voies de conduction auriculo-ventriculaire ; est-il vraiment question de blocs chez ces 6 sujets jeunes, apparemment en excellente santé et indemnes de toute tare ?

Nous allons essayer et ceci en nous appuyant sur les travaux de Plas et de Leclerc, de proposer une hypothèse faisant intervenir les particularités du "balancement" du système sympathique-pneumogastrique chez le sportif.

RAPPEL PHYSIOLOGIQUE

1) - Conduction intra-cardiaque normale

Départ de l'influx : noeud sinusal

Conduction à travers le muscle dans les oreillettes : vitesse : 1 m/s.

Puis jonction myocarde auriculaire, noeud de Tawara, sur 1 mm : vitesse : 2-5 cm/S.
Puis dans le noeud : vit. 10-12 cm/s.

Ainsi la traversée du noeud de Tawara occupe les 2/3 de l'espace PR ou PQ ; c'est ce retard à la conduction qui permet à la contraction auriculaire de se faire totalement (l'acetylcholine ou la stimulation vagale augmente ce retard).

L'onde contractile suit rapidement le faisceau de Hiss et se distribue dans les 2 ventricules à la vitesse de 2 à 4 m/S.

2) - Contrôle nerveux de l'automatisme
A - le Parasympathique :
- sa distribution (Wright)
le X droit essentiellement au noeud sinusal
le X gauche au noeud de Tawara et au tronc du faisceau de Hiss.

- son action :
une stimulation intense donne un arrêt en diastole
des excitations répétées sont de moins en moins efficaces car le nerf est fatiguable et le coeur se remet à battre (phénomène d'échappement vagal).
Si l'excitation porte :
. sur le X droit, ce sont les ventricules qui reprennent les premiers leurs contractions : rythme nodal
. sur le X gauche, les contractions auriculaires réapparaissent les premières : il y a dissociation auriculo-ventriculaire transitoire.

- Propriétés :
chronotrope (-)
inotrope (-)
tonotrope (-)
bathmotrope (+)
dromotrope (-) par diminution de la vitesse de conduction dans le myocarde et le faisceau de Hiss ; on a donc un allongement de PR à l'E. C. G. et parfois des extrasystoles ventriculaires.

B - Le sympathique

- sa distribution : se fait à la totalité des oreillettes et des ventricules

- son action : l'excitation entraine une tachycardie avec raccourcissement de la diastole : elle apparait avec un léger retard et persiste quelque temps après arrêt de la stimulation

- propriétés :
  chronotrope (+)
  Inotrope (+)
  Bathmotrope (-)
  Dromotrope (+) : augmentation de la vitesse de conduction dans le myocarde et dans le faisceau de Hiss avec raccourcissement de l'espace PR à l'E. C. G.

3) - Mise en jeu du contrôle nerveux

A l'état physiologique, la fréquence cardiaque est sous l'influence modératrice du tonus vagal.

A l'effort, le tonus inhibiteur vagal est diminué, le tonus des centres cardio-accélérateurs est augmenté et les mécanismes adrénalino-secréteurs sont mis en jeu. Par l'action des métabolites variés, de l'élévation thermique sanguine et des réflexes cardio-accélérateurs déclenchés par les chemo et baro récepteurs sanguins le maintient du tonus de ces centres accélérateurs est obtenu.

PLAS et LECLERC ont relevé un certain nombre d'observations d'échappements nodaux, et surtout d'espace PR allongés ; et le point le plus important est qu'ils ont pu suivre l'évolution de cet espace PR durant plusieurs années ; ces auteurs citent des exemples particulièrement frappants ; nous en relèverons deux :

- celui d'un coureur de 400 m haies de très bonne classe, âgé de 19 ans à son premier E. C. G.
  en mai 1958 : PR = 0,18 s.
  en juin 1959 : périodes de L. W.
  en novembre 1959 : PR = 0,42 s. (rythme = 50/mn).

Arrêt de l'entrainement sportif :
en mars 1961 : PR = 0,22 s. (RS = 58/mn)
un mois d'entrainement :
en avril 1961 : PR = 0,40 s.

- celui d'un jeune écolier de 15 ans :
novembre 1958 : PR = 0,14 s. (RS = 65/mn)
saison de football :
juin 1959 : PR = 0,26 (RS = 85/mn)
Ralentissement des activités physiques :
novembre 1959 : PR = 0,20 s. (RS = 65/mn)
février 1960 : PR = 0,16 s. (RS = 60/mn).

Nous avons nous-mêmes constaté le même phénomène, mais moins démonstratif car nous n'avons pas encore le recul nécessaire :

- un chauffeur de poids lourds de 31 ans, pratiquant le cross-country vint passer sa visite médico-sportive annuelle. En raison d'un éclat intermittent du premier bruit à l'auscultation, nous avons enregistré un E. C. G. Nous avons eu la surprise de découvrir sur le tracé des périodes de L. W. (longues : tous les 7 complexes) avec un rythme se situant entre 35 et 39/mn ; nous n'avons trouvé aucune étiologie dans les antécédents, pouvant expliquer ce tracé ; nous n'avons pu noter de troubles fonctionnels ; le sujet était en parfaite condition physique. Son espace PR variait de 0,20 à 0,36 s. La prise d'un seul comprimé d'Isuprel ramenait le PR à 0,22 s. et le rythme à 70/mn.

Le test de Flack fait apparaitre les mêmes modifications que l'Isuprel ; mais 3 1/2 s. après l'arrêt de l'épreuve, le tracé a denouveau repris son aspect de base.

Nous avons conseillé à ce sujet l'arrêt total de la pratique sportive pendant 1 mois 1/2 ; d'autre part, cette période a coïncidé avec un congé annuel de repos de 15 jours. Nous l'avons revu donc 45 jours après le 1er examen. Son rythme était à 75/mn, son espace PR à 0,22. ; mais l'épreuve de Flack

dès son arrêt a déclenché l'apparition de 2 éléments périodiques de L. W. et ensuite tout est rentré dans l'ordre ; la compression oculaire a aussi déclenché la même réaction, mais celle-ci est apparue seulement au bout de 8 s. et a disparu immédiatement à l'arrêt de la manoeuvre.

Que faut-il penser de ces "troubles de conduction" ? il nous semble qu'il faille les classer dans une catégorie un peu à part et les rattacher à la pratique sportive ; il ne faut sans doute pas leur donner un pronostic trop péjoratif ; pas un sujet n'a fait le moindre malaise malgré la persistance du trouble électrique.

Nous pensons avec PLAS et LECLERC qu'il faut intégrer ces échappements nodaux et les blocs auriculo-ventriculaires dans le cadre de la bradycardie sportive, considérée comme physiologique et relevant selon LAUBRY et VON BOGAERT d'une hypertonie vagale. Cette hypertonie est très souvent notée à l'E. C. G. ; en effet, on considère que la bradycardie, les segments ST légèrement surdécalés, les ondes T et U hautes en précordiales moyennes en sont le reflet.

Cette hypertonie du vague serait créée chez le sportif par la réponse en contre choc du système pneumogastrique à l'agression sympathique de l'effort ; plus le sujet répète ses efforts, plus les X se "tonifient" à l'image des muscles.

Nous avons vu que les vagues avaient une action dromotrope (-), c'est-à-dire diminuent la vitesse de conduction dans le myocarde et le faisceau de Hiss ; on a un allongement de PR, mais celui-ci ne dépasse pas 0,20 s. si la répartition des vagues sur les noeuds sinusal et de Tawara est harmonieuse même avec forte hypertonie vagale (ou stimulation).

Mais nous l'avons vu expérimentalement, si l'hypertonie porte sur le X droit, on peut avoir un influx à point de départ ectopique, par exemple rythme nodal. Si l'hypertonie porte sur le X gauche, on peut avoir une dissociation auriculo-ventriculaire transitoire.

On peut ainsi concevoir deux composantes de la bradycardie qui peuvent différer selon la sensibilité du point d'application de l'influx vagal.

- si l'influence vagale modératrice s'exerce préférentiellement sur le noeud sinusal, il s'ensuivra des pauses sinusales avec possibilité d'échappements nodaux ou ventriculaires.

- Si l'influence vagale s'exerce surtout sur le noeud de Tawara, l'allongement de PR, voire le blocage auriculo-ventriculaire se produiront.

On voit alors, comme nous l'avons dit au début, qu'il est difficile de préciser s'il s'agit plutôt de troubles de l'excitabilité ou de la conductibilité.

Si l'hypertonie vagale s'exerce plutôt sur le sinus, on pourra parler de troubles de conduction, si elle s'exerce plutôt sur le noeud de Tawara on pourra parler de troubles de l'excitation.

Il reste à expliquer pourquoi chez certains sujets, la prédominance vagale serait sinusale, et chez d'autres nodale. Pourrait-on imaginer que la pratique des efforts physiques augmentant le tonus vagal général, donnerait néanmoins une influence prépondérante à l'un ou à l'autre des points d'applications des vagues sur le coeur, c'est-à-dire à l'un ou à l'autre vague ?

PLAS et LECLERC ont remarqué que sur leurs 17 observations de PR longs, 15 appartenaient à des gauchers (certains d'ailleurs non conscients de leur gaucherie). N'existerait-il pas une hypervagotonie de fonction en faveur du membre prédominant ; les droitiers auraient une prédominance d'excitation vagale sur le noeud sinusal (X droit), les gauchers sur le noeud auriculo-ventriculaire (X gauche) ; encore faudrait-il montrer qu'il existe une latéralisation du système vago-sympathique ; et comment expliquer que ces types E.C.G. de tracé ne se retrouvent que chez certains gauchers.

Les deux exemples de PR variables selon l'entrainement cités par PLAS, appartiennent à des gauchers ; notre exemple de périodes de LW également ; mais, nous avons fait l'opération inverse , nous avons systématiquement recherché la latéralisation chez nos 128 sujets ; nous avons trouvé 11 sujets gauchers, dont 1 présentait des périodes de LW et un autre avait un PR à 0,22 s. (RS = 65/mn), l'espace PR des 9 autres se situait entre 0,14 et 0,19 s. ; il est vrai que nous les avons examiné en novembre, décembre ou janvier, c'est-à-dire presque au début d'une saison sportive et, PLAS nous dirait que seule l'évolution compte et que le PR long aurait pu peut-être noté vers mars-avril ou juillet-août selon le sport pratiqué.

Il donne d'ailleurs certains caractères associés à ces "blocs" :

- ils disparaissent à l'effort
- un bloc incomplet est complété par réflexe oculo-cardiaque
- un bloc incomplet disparait au cours de l'épreuve d'anoxie.
- le bloc incomplet ou complet disparait avec la prise de 1 cp d'Isuprel
- le bloc auriculo ventriculaire disparait lorsque cesse l'entrainement sportif mais réapparait très rapidement lorsque l'entrainement est repris
- ils semblent plus fréquents chez le gaucher.

Un point parmi tant d'autres reste obscur : pourquoi voit-on fréquemment apparaître des extrasystoles nodales ou ventriculaires quelques secondes après effort, alors qu'au repos l'origine sinusale de l'excitation est constante. Peut être faudrait-il faire intervenir un phénomène de REBOND VAGAL : lors de l'effort, le tonus sympathique prédomine, de même quelques secondes après arrêt de celui-ci, puis le tonus vagal (très puissant chez le sportif) "reprend le dessus" mais à un niveau supérieur à celui qu'il avait au repos ceci pour quelques secondes (et ceci avec toujours prédilection sur un point d'application, sinusal : extrasystoles nodales ou ventriculaires, nodal : allongement de PR) ; c'est en quelque sorte une première secousse plus ou moins brusque du freinage marquant la phase de récupération, le vague, hypertonique au repos va "vouloir combattre" le plus tôt possible la prédominance sympathique

d'effort (la fréquence plus ou moins élevée par exemple), en agissant sur le noeud de Tawara qui, nous le savons donne des impulsions beaucoup plus lentes.

Nous avons donné ci-dessus un exemple : le sujet qui après 1 mois 1/2 de repos physique présentait un tracé normal a de nouveau montré des périodes de L. W. un peu après l'arrêt du test de Flack et de Pachon-Martinet.

En conclusion :

1) La pratique sportive semble être à l'origine de troubles de l'excitabilité et de la conduction cardiaques ; les faits sont assez rares et ne s'accompagnent d'aucun trouble fonctionnel.

2) Il semble que l'allongement de PR, les périodes de L.W., les blocs auriculo-ventriculaires n'ont pas chez les sportifs une aussi fâcheuse signification que dans la pathologie cardiaque classique.

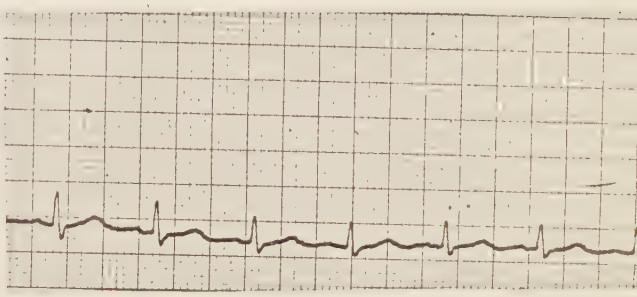
3) Les troubles de conduction semblent devoir être mis sur le même compte que les troubles de l'excitabilité et être un mode d'adaptation du coeur sportif pour réaliser la bradycardie utile.
Les gauchers pour PLAS et LECLERC seraient plus exposés que les autres à ce type d'adaptation.

RYTHME NODAL SUP.

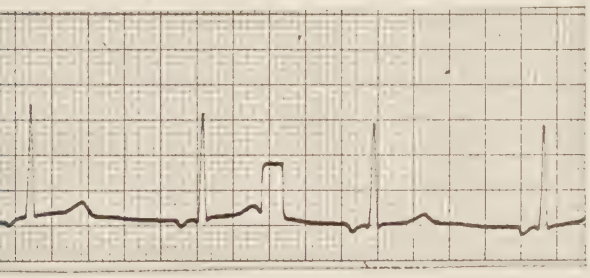
PR = O, 11 s.

DISPARITION A L'EFFORT

D1



D1 EFFORT



D2

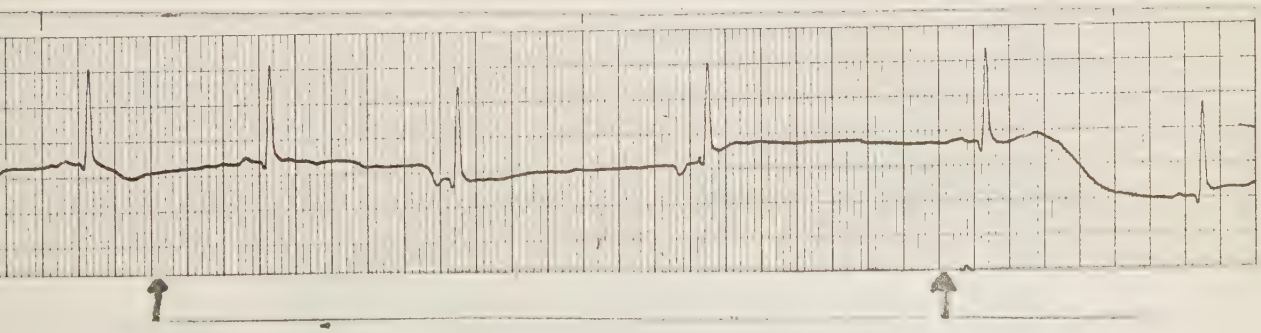
D2 EFFORT

D3

D3 EFFORT

CHANGEMENT SPONTANE DE CENTRE D'EXCITATION

PR = O, 11 - PR = O, 14



IV - INTERET DE L' EXPLORATION RADIOLOGIQUE

I - MODIFICATIONS DU VOLUME DU COEUR

L'aspect global du coeur et la détermination des différents diamètres donnent déjà des indications précieuses sur le volume de l'organe, mais on peut si l'on cherche une précision plus grande utliser certaines formules permettant de comparer par exemple la surface de l'ombre cardiaque avec le poids du sujet ; nous savons que pour juger du volume du coeur, il faut prendre en considération la taille, le poids et les dimensions de la cage thoracique du sujet ; des tables donnent les chiffres précis.

Le volume du coeur se calcule par la formule :

$$V = 0,40 \times L \times m \times n$$

(Rohrer-Kahlstorf et Liljestrand-Jansell)

A - Influence de la répétition du travail

D'une manière générale, le travail musculaire répété, et s'il est suffisamment intense aboutit à une augmentation de volume du coeur avec épaississement de sa musculature.

A la radio, le coeur est dit globuleux, c''est-à-dire à tendance sphéroïde ; cette réaction loin d'être pathologique est au contraire un excellent signe d'adaptation, car la sphère est le corps qui contient le plus grand volume ; il y a augmentation des diamètres certes, mais aussi "harmonie" de la masse cardiaque située en position verticale ou semi-verticale, la moitié droite débordant en une courbe arrondie, le bord droit du sternum donnant ainsi l'impression de symétrie par rapport à la moitié gauche.

Un autre type est assez fréquent chez le sportif ; il est caractérisé par le développement prédominant du ventricule gauche, le coeur se couchant sur le diaphragme.

On retrouve le premier type surtout chez les athlètes de demi-fond, les footballeurs, les nageurs, les cyclistes bien entrainés, enfin plutôt chez les sujets longilignes.

Le deuxième type est surtout noté chez les coureurs de vitesse, les lanceurs, enfin plutôt chez les brévilignes.

Cette augmentation de volume est le fait de l'entrainement, elle se rencontre par ordre de fréquence selon Deutsch chez les rameurs, les skieurs, les cyclistes, les nageurs, les lutteurs, les sujets pratiquant l'athlétisme. Elle met 6 à 8 mois à s'établir ; elle est réversible s'il y a cessation de l'entrainement.

Le mécanisme de cette augmentation n'est pas tout à fait le même pour tous.

Deux théories s'affrontent :

BELIN DU COTEAU et BEAU soutiennent celle de l'hypertrophie.

REINDELL affirme que la dilatation prédomine sur l'hypertrophie en s'appuyant sur des documents nécropsiques ;

on sait de plus qu'une des modalités de la bonne adaptation à l'effort est l'augmentation du sang résiduel intra ventriculaire, donc il faut une certaine dilatation.

Si nous considérons les tracés E.C.G. on remarque que dans environ 10 % des cas, l'indice de Sokolow est augmenté, et dépasse 3,5 et même 4 mV avec dans la moitié des cas en précordiales gauches des signes d'hypertrophie ventriculaire gauche de type systolique. Mais en fait, comme le note Plas, l'axe électrique de QRS chez le sportif se situe en moyenne entre 30° et 90°, la durée de QRS ne dépassant pas 8 à 9/100 avec axe de T entre 0° et 40°. De ce fait, l'hypertrophie ne peut être que discrète et harmonieuse ; elle est répartie entre les musculatures droites et l'axe électrique demeurant en position intermédiaire.

En conclusion, le coeur du sportif est nettement plus gros que celui du sujet sédentaire ; cette hypertrophie n'est pas pathologique ; l'examen radioscopique de la silhouette cardiaque en permettant d'apprécier la force des contractions cardiaques va donner une idée de la qualité du myocarde.

B - Modifications de volume lors de l'effort

Rappel physiologique :

Lors de l'effort, le débit cardiaque augmente considérablement pouvant être 10 fois celui de repos. Deux facteurs interviennent : accélération du rythme cardiaque, et accroissement de l'ondée systolique.

Si on applique la loi de Starling, pour expliquer cet accroissement, on invoque un meilleur remplissage et une meilleure évacuation du ventricule (conséquence du plus grand étirement de la fibre myocardique) lors de la diastole d'effort, c'est-à-dire de l'augmentation diastolique plus importante de volume des cavités.

En fait, LILJESTRAND, NYLIN, FABRE et CHAILLEY-BERT, par des calculs du débit cardiaque, faits en fonction des variations de volume de la masse cardiaque ont montré que dans certains cas, l'accroissement de débit ne peut être expliqué par la seule augmentation de remplissage.

De plus, REINDELL et KJELLBERG ont montré que lors de l'effort dynamique, le volume du coeur n'augmente pas pendant la diastole.

Technique :

- les premiers auteurs ont étudié les variations grâce à l'orthodiagramme ; en fait, les impressions fugitives de la scopie ne peuvent donner des mesures précises sur un organe en mouvement.

- les téléradiographies frontales et même simultanées face et profil donnent des résultats encore trop imprécis.

- le raccourcissement des temps de pose et l'apport d'une technique particulière d'enregistrement simultané de l'E.C.G. (PALLARDY, G. HOURGADE et PLAS) ont permis de préciser les modalités de ces variations de volume cardiaque. Grâce à une cellule photo électrique, les auteurs ont pu lire sur le tracé E.C.G. le moment exact où la radiophoto a été prise.

Résultats :

La courbe de variations du volume cardiaque établie par PLAS, PALLARDY et HOURGADE après une quarantaine de mesures à des moments différents de l'E.C.G. est superposable

à celle de Nylin en ce qui concerne le volume minimum qui correspond au sommet de T .

Par contre, le volume maximum est toujours obtenu sur un plateau allant du sommet de P à l'onde Q alors que pour Nylin, ce plateau se situe entre la fin de l'onde P et le milieu de la branche descendante de R.

(voir figure)

D'autre part, on considère actuellement que le diamètre sagittal horizontal (n) (PLAS - RUOSTEINOJA) ne varie pratiquement pas durant le cycle cardiaque.

Notons que la différence entre le volume cardiaque maximum et minimum ne représente pas le volume de l'ondée systolique et lui est toujours inférieure car durant l'éjection ventriculaire se produit le remplissage auriculaire.

Pour examiner les variations de volume cardiaque à l'effort, il faut séparer l'effort statique de l'effort dynamique dont les conditions respiratoires et hémodynamiques sont très différentes.

1 - Efforts statiques

Les auteurs cités ci-dessus ont demandé des efforts différents :

- effort STATIQUE EN APNEE et expiration bloquée après inspiration forcée, sujet portant bras tendus à la verticale une barre à disques de 52 kg 500 pendant 15 à 35 s. suivant les possibilités individuelles, ils notent :

une nette augmentation de volume systolique et
une légère augmentation de volume diastolique.

Ceci pourrait être en rapport avec une diminution du débit systolique et une augmentation de la quantité de sang résiduel.

En fait, dans cette épreuve, les modifications hémodynamiques et respiratoires sont proches de celles constatées lors du test de Flack (apnée volontaire après inspiration forcée) ; il se crée une hyperpression intrathoracique qui entraine une élévation de la pression artérielle pulmonaire, ventriculaire et auriculaire droites ; le retour veineux diminue;

ce qui expliquerait les faibles variations de volume diastolique malgré l'augmentation de sang résiduel.

PLAS simplifie en disant qu'au cours d'un effort statique violent, en apnée après inspiration forcée, le coeur se remplit mal et se vide mal.

- EFFORT STATIQUE MODERE EN RESPIRATION LIBRE

(sujet supportant bras tendus à la verticale des poids de 6 kgs pendant 2 mn). Ils notent :

une diminution du volume diastolique avec diminution du volume systolique.

Ceci correspondrait à une augmentation du débit systolique et une diminution de la quantité de sang résiduel.

Dans quelques cas, le volume systolique serait augmenté ; il faut voir là une réaction de fatigue, le coeur ne pouvant se vider d'une façon satisfaisante.

- IMMEDIATEMENT APRES UN EFFORT STATIQUE EN RESPIRATION LIBRE

Nous pourrons ainsi étudier le délai de normalisation de ce volume diastolique immédiatement après l'effort.

Le volume diastolique redevient en 5 à 10 s; égal ou même supérieur au volume diastolique de repos. Mais chez un sujet fatigué par un effort long et intense, PLAS et coll. constatent que le volume diastolique 5 s. après la fin de l'épreuve est encore nettement inférieur au volume diastolique d'avant l'épreuve.

Le délai nécessaire à la normalisation de ce volume diastolique pourrait permettre d'apprécier l'état de fatigue ; une dilatation diastolique survenant précocement après la fin de l'effort serait une éventualité souhaitable témoignant de réserves cardio-vasculaires appréciables.

2) Efforts dynamiques

Ce type d'effort accompli sur bicyclette ergométrique les électrodes étant placées dans les régions des fosses sus-épineuses et dans les triangles de J.L. Petit droits et gauches.

De l'examen des résultats il ressort qu'il y a une diminution du volume diastolique ; la variation de volume systolique se situe soit vers l'augmentation, soit vers la diminution selon les sujets ; si comme l'on vient de le dire, le volume du coeur diminue pendant la diastole, cela signifierait que le muscle cardiaque à l'effort tend à rétracter ses fibres ; il ne saurait être ici question de la loi de Starling ; il faudrait faire intervenir un phénomène mettant directement en cause la fonction tonique du myocarde.

Dans la phase de récupération qui suit l'effort, les variations de volume se font toutes dans le sens d'une diminution ; celle-ci est attribuée à l'adrénaline (Ligestrand) et celle-ci serait responsable de l'accroissement du tonus myocardique.

En résumé :

1 - Effort statique violent en apnée :
- augmentation nette du volume systolique
- augmentation légère du volume diastolique

Donc diminution du débit systolique et augmentation du sang résiduel

2 - Effort statique modéré en respiration libre
- diminution du volume diastolique dû sans doute à la diminution du retour veineux

3 - Effort dynamique
- pas d'augmentation des volumes, tant diastolique que systolique

4 - La récupération, se fait :
toujours dans le sens de la diminution des volumes (adrénaline) ?

II) - LA FORCE DES CONTRACTIONS CARDIAQUES

Chez un sujet sportif, on est frappé par l'ampleur des battements que fait encore mieux ressortir la lenteur des contractions.

D'après REINDELL :

- au repos les contractions de la base prédominent sur celle de la pointe (type II kymographique de Strumpf)

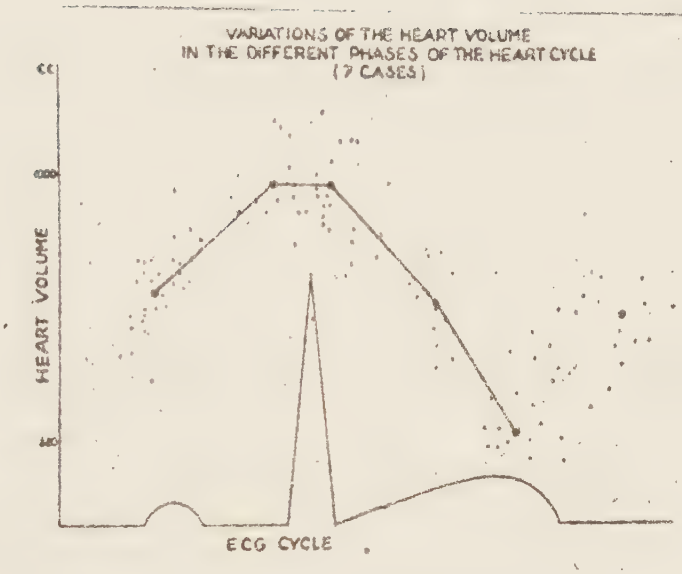
- à l'effort celles de la pointe sont plus fortes (type I de Strumpf).

Le test de MELON ou épreuve de freinage

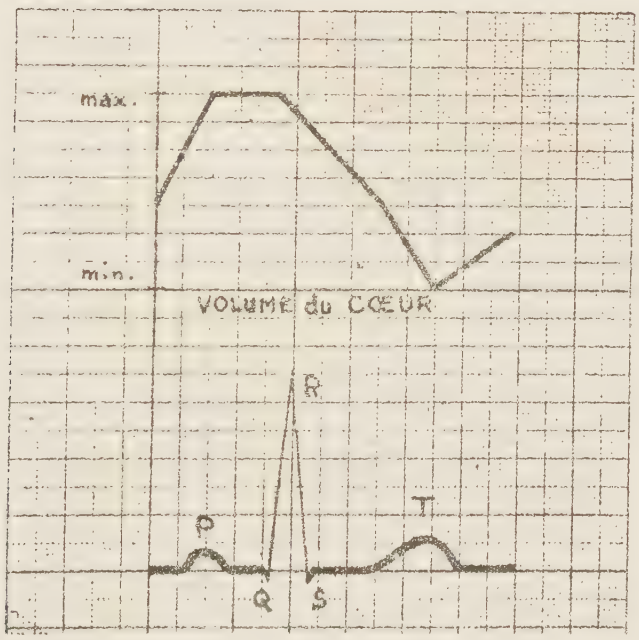
MELON utilise le fait que la rétraction de la pointe apparait dans toute son ampleur lors de l'épreuve de Valsalva.

On demande au sujet de faire une pause en inspiration forcée ; dès la fin de cette inspiration, le coeur semble faire une pause en diastole puis, brusquement, il se rétracte en systole avec une augmentation nette de l'amplitude du déplacement des bords ; la rétraction de la pointe est encore plus considérable ; puis les battements reprennent mais plus longs, plus amples, plus sthéniques qu'ils n'étaient avant l'inspiration forcée.

Si le sujet est fatigué, le freinage tarde à s'installer, fait défaut, ou ne s'établit qu'incomplètement, le coeur s'échappant alors sur un rythme plus rapide.



D'après NYLIN in Acta cardiologica



D'après Pa lardy ,Hourgade et Plos

Fig.14 : Variations de volume du coeur ,lors des différentes phases du cycle cardiaque.

En CONCLUSION, d'une manière pratique et très générale quel est l'intérêt de l'E.C.G. chez le sportif ?

- Tout d'abord, il permet un dépistage systématique des sujets présentant une cardiopathie ou atteints de troubles du rythme ; rappelons une fois de plus qu'un E.C.G. normal n'élimine en rien une cardiopathie

- l'intérêt principal pour nous est le contrôle et la surveillance de la forme et des possibilités du sportif ;

- chez le sportif de plus de 35 ans faisant des efforts souvent supérieurs à ses possibilités on surveillera l'apparition de signes d'HVG plus ou moins bien compensée, de bloc parfois ; il suffit dans ces cas de l'apparition d'une très légère coronarite pour donner des signes de souffrance myocardique, en effet la circulation coronaire moins souple s'adaptera moins bien à l'effort, d'autant plus qu'elle devra nourrir un myocarde hypertrophié et plus ou moins dilaté.

Nous avons également voulu, par ces quelques chapitres, tenter de montrer qu'il est fort difficile de situer la notion de normal. Nous nous sommes intéressés au problème des sportifs et particulièrement à leurs tracés E.C.G.

Bien que cela soit très contesté et contestable, admettons que le sportif soit un individu normal, considérons même uniquement le sportif jeune, et bien sûr, cliniquement sain.

Enregistrons son E.C.G. :

- Celui-ci, tout juste un peu las, présentera un magnifique surdécalage de ST avec T négatif en V3, il a 18 ans, n'a jamais été malade, et semble tout à fait sain. Faut-il le considérer comme atteint de coronarite ? Peut-il apparaitre des images type ischémie lésion uniquement parce que le sujet est fatigué par des efforts physiques répétés.

On voit ici la lourde responsabilité du médecin qui devra prendre ou non une initiative, son bon sens, le contexte clinique l'aidera, mais il existe certes des cas très limites par exemple, un sujet de 35 ans présentant des douleurs types précordialgies.

- Celui-là montrera sur son tracé un espace PR à 0"40. Faut-il considérer ceci comme une atteinte du tissu myocardique ?
Faisons lui suspendre toute activité physique durant un mois ou deux, son espace PR mesurera alors 0"20 par exemple.

Ces deux exemples parmi tant d'autres, nous permettront de poser deux questions en guise de conclusion :

devant de telles images électrocardiographiques, devons nous considérer les tracés comme un signe de bonne "imprégnation sportive" ou comme le pensent certains cardiologues classiques, une marque de l'action parfois nocive du sport sur certains appareils cardio-vasculaires paraissant sain, mais en réalité peu aptes à supporter un effort violent ou répété ?

Pour notre part la deuxième question nous interessera beaucoup plus :

Devrons nous être amenés à reconsidérer systématiquement de nombreux diagnostics différentiels ?

Devrons nous tenir compte du mode de vie de l'individu ? Mais, avons nous le droit de risquer de passer à côté d'une maladie coronarienne, d'une myocardite ?

Nous revennons toujours au même problème : la technique, ici, l'E.C.G. a permis de très grands progès dans l'élaboration des diagnostics, mais il faut toujours se souvenir que la bonne clinique n'a jamais perdu ses droits et ne semble pas prête à les perdre.

BIBLIOGRAPHIE

15 - BAINBRIDGE (F.A.) - The influence of veinous filling upon the rate of the heart.
Journal of Physiology 50, 65-84, 1915

38 - NEHB (W.) - Zur Standardisiermg der Brustwanda bleitungen des Elelktrokardiogramms
Klin Wschr. 51, 1807-1811, 1938.

42 - MASTER (A.M.), FRIEDMAN (R.) & DACK (S.) - The electrocardiogramm after standard exercise as a functionnal of the heart
American Heart Journal, 24, 6, 777-793, décembre 1942

43 - REINDELL (H.) - Uber den Kreislaug der Trainierten. Uber die Restblutmenge des Herzens.
Arch. Kreislauf forschg, 12, 265, 1943.

46-1947 - ROSSIER (P.H.) & SPUHLER (O.) - Uber drei Todesfälle beim Eldctrokardiogramm-Arbeitsversuch
Cardiologia, 60-69, 1946-1947.

49-1950 - HEINEN (W.) & LOOSEN (H.) - The relationship of Q-T duration to heart rate during exercise
Zeitschrift für Kreislaufforschung, 38, 712, décembre 1949, anal. in circulation, 2, 5, 781-782, novembre 1950.

50-1951 - SCHERLIS (L.), SANDBERG (A.A.), WENER (J.), DVORKIN (J.) & MASTER (A.M.) - The effects of the single and double two step exercise tests upon the electrocardiogramm of 200 normal persons.
J. Mt. Sinai Hosp., 17, 242, novembre-décembre 1950, anl. in circulation, 4, 1, 146, juillet 1951

51 - THOMAS (C.B.) - The cardiovascular response of normal young adults to exercise as determined bythe double Master two step test
Bull. Johns Hopkins Hosp., 89, 181, 1951.

YU (P.N.G.), BRUCE (R.A.), LOVEJOY Jr (F.W.) & Mac DOWELL (M.E.)
Variations in electrocardiographic responses during exercice - Studies of normal subjects under unusual stresses and of patients with cardiopulmonary diseases
Circulation, 3, 3, 368-376, mars 1951.

1-1952 - ISREAL (E.) - Effect of exercise (Master double two steps test) on the electrocardiogramm of normal people
Israel M.J., 10, 122, mai-juin 1951, anal. in Circulation, 5, 2, 304, février 1952.

SEBASTIANI (A.) - Duration of electrical systole during rest and after exercise in normal and cardiac subjects
Cuore e Circolazione, 35, 229, 1951, anal. in Circulation, 6, 1, 149, juillet 1952.

SHAFFER (C.F.) & CHAPMAN (D.W.) - The exercise electrocardiogram
Am. J. Med., 11, 26, juillet 1951, anal. in Circulation, 5, 3 : 467, mars 1952.

SIOSTRAND (T.) - The electrocardiographic work and hypoxemia tests
Scandinav. J. Clin. & Lab. Investigation, 3 : 1, 1951, anal. in Circulation, 5, 3 : 467-468, mars 1952

2 - MELON (J.M.) - Contribution à:l'étude clinique du coeur sportif
Thèse Paris 1952.

SCHERF (D.) & SCHAFFER (A.I.) - The electrocardiographic exercise test
American Heart Journal, 41, 6 : 927-946, juin 1952.

YU (P.N.G.) & SOFFER (A.) - Studies of electrocardiographic changes during exercise (modified double two step test)
Circulation, 6 : 2 : 183-192, aout 1952.

2-1953 - YU (P.N.G.) & al. - Réponses cardiorespiratoires et modifications électrocardiographiques provoquées par l'effort dhez des sujets normaux avant et après injection intraveineuse de digoxin.
AM. J. Med. Sciences, 224/2 : 146, aout 1952, anal. in Archives des Maladies du Coeur, p. 186, 1953.

3 - DAVIS Jr. (F.W.) & al. - The effects of exercise and smoking on the electrocardiograms and ballistocardiograms of normal subjects and patients with coronary artery disease
American Heart Journal, 46 : 4 : 529-542, octobre 1953.

HELLEROWICZ (H.) - Sur la ligne ST dans l'électrocardiogramme de repos et d'effort chez la jeunesse sportive.
Zeitschrift für Kreislaufforschung, 42 : 3/4 : 143, février 1953, anal. in Archives des Maladies du Coeur, p. 1052, 1953.

KIMURA (N.) & SIMONSON (E.) - The effect of moderate and hard muscular work on the spatial electrocardiogram
American Heart Journal, 45 : 5 : 676-682, mai 1953.

SILVER (H.M.) & LANDOWNE (M.) - The relation of age to certain electrocardiographic responses of normal adults to a standardized exercise
Circulation, 8 : 4 : 510-520, octobre 1953.

4 - PLAS (F.) & BOURDINAUD (J.) - Intérêt pratique des blocs droits incomplets
Méd. Aéronautique, 4, 1954.

5 - KLAKEG (C.H.), PRUITT (R.D.) & BURCHELL (H.B.) - A study of electrocardiograms recorded during exercise tests on subjects in the fasting state and after the ingestion of a heavy meal
American Heart Journal, 49 : 3 : 614-625, mars 1955.

5-1956 - FREEDMAN (M.E.) & al. - Effects of training on response of cardiac output to muscular exercise in athletes
J. Appl. Physiol., 8, 37, juillet 1955, Anal. in Circulation, 13 : 6 : 942-943, juin 1956.

6 - CHAILEY BERT (P.), PLAS (F.) & TALBOT - Modifications de l'électrocardiogramme observées au cours d'un effort cycliste de longue durée
Archives des maladies du coeur, p. 910-915, 1956.

KUHN (L.A.) - The effects of artic climate and different shelter temperatures on the electrocardiogram
American Heart Journal, 51 : 3 : 387-397, mars 1956.

LECLERCQ (J.) - Test d'apnée volontaire en expiration forcée.
Monographie de l'I. N. S. 9, série A - 1956.

PLAS (F.) & CHAILLEY-BERT (P.) - Electrocardiogramme du coeur au travail.
Archives des Maladies du Coeur, p. 916-918, 1956.

SEGERS (M.) & col. - Analyse des électrocardiogrammes de 205 coureurs à pied.
Bruxelles Médical, 36, 24 : 1197-1208, 1956, anal. in Semaine des Hôpitaux, p. 4134, 26 décembre 1956.

SIMONSON (E.) & KEYS (A.) - The electrocardiographic exercice test : changes in the scalar ECG and in the mean spatial QRS and T vectors in two types of exercise ; effect of absolute and relative body weight and comment on normal standards
American Heart Journal, 52 : 1 : 83-105, juillet 1956.

-1957 - BENGTSSON (E.) - The exercise electrocardiogram in healthy children and in comparison with adults.
Acta Med. Scandinav., 154 : 225, 5 mai 1956, anal. in circulation, 16 : 4 : 672, octobre 1957.

- BLACKBURN Jr. (H. W.) & SIMONSON (E.) - The total QRS duration
American Heart Journal, 53, 5 : 699-709, mai 1957.

BOURNE (G.) - Paradoxical electrocardiogram in coronary exercice test.
The lancet, II, 7009 : 1320, 28 décembre 1957

CHAILLEY-BERT (P.) - Le coeur et les activités physiques
Semaine des Hôpitaux, p. 3419-3421, 10 octobre 1957.

LECLERCQ (J.) - Une variante du test d'hyperpression expiratoire contrôlée par oxymétrie et électrocardiographie.
Monographie de l'I. N. S., 11, A, 1957.

MANNING (G. W.) - The electrocardiogram of the 2 step exercise stress test.
American Heart Journal, 54 : 6 : 823-836, décembre 1957

PENAZOLA (D.) & ECHEVARRIA (M.) - Electrocardiographic observations on ten subjects at sea level and during one year of residence at high altitudes
American Heart Journal, 54, 6 : 811-822, décembre 57

PLAS (F.) - Troubles cardiaques en rapport avec la pratique sportive
Revue du Praticien, 7 : 19 : 2081-2092, 1er juillet 1957.

PLAS (F.) - Le problème des blocs droits incomplets.
Med. Ed. Physique et Sport III, 208-220, 1957.

ROSEN (I.L.) & GARDBERC (M.) - The effects of nonpathologic factorsont the electrocardiogram- I. Résults of observations under controlled conditions.
American Heart Journal, 53 : 4 : 494-504, avril 1957.

1958 - PLAS (F.) & TALBOT (P.) - L'électrocardiogramme du cycliste
Société d'Etudes Médicales du Cyclisme, séance du 16 octobre 1957, anal. in Archives des Maladies du Coeur, p. 602, 1958.

LEPESCHKIN (E.) & SURAWICZ (B.) - Characteristics of true positive and false positive results of electrocardiographic Master two step exercise tests
New England J. Med., 258 : 511, 13 mars 1958, anal. in Circulation, 18 : 3 : 456, septembre 1958.

LOZADA (B.) & TEMPONE (N.D.) - Au sujet de l'éectrocardiogramme dans l'exercice
Acta Cardiologica, 13 : 464-485, 1958.

TRETHEWIE (E.R.) · The E.C.G. of world class middle distance athletes.
Cardiologia, 32 : 6 : 345-354, 1958.

BOECKH (E.M.) & HAEBISCH (H.) - Electrocardiogramme et hémodynamique en cours de travail statique, en position allongée ou debout
Arquivos Brasileiros de Cardiologia, 12 : 23, 1959.

BROWNE (M.K.) & FITZSIMONS (J.T.) - Electrocardiographic changes during positive accelration
Britisch Heart Journal, 21 : 1 : 23-30, janvier 1959.

FARINELLI (A.) PELLEGRINI (P.), PIFFANELLI (A.) & TEBALDIN (G.) - L'électrocardiogramme du cycliste au repos et après effort comme élément révélateur des aspects biohumoraux tissulaires.
Cardiologia Pratica, 10 : 126, 1959.

FREIMAN (A.) & al. - The elctrocardiogram during physical exercise
American college of Cardiology, Eithth Annual Convention, 26-29 mai 1959, anal. in American Journal of Cardiology, 4 : 2 : 272, aout 1959.

GRAYBIEL (A.) & ALLEBACH (N.W.) - The work electrocardiogram
American Journal of Cardiology, 3 : 4 : 430-443.

HAEBISCH (H.) & BOECKH (E. M.) - Electrocardiogramme et hémodynamique au cours d'un travail dynamique, en position allongée et debout.
Arquivos Braqileiros de Cardiologia, 12 : 36, 1959

LECLERCQ (J.) - Variations de l'électrocardiogramme précordial au cours de l'entrainement sportif
Médecine. Education Physique et Sport, IV, p. 223-224.

MASON (R. E.) - Master test in patients with coronary artery disease and in normal subjects.
Heart Bull., 8 : 67, 1959.

MASTER (A. M.), DONOSO (E.) & ROSENFELD (I.) - Master two-step exercise electrocardiogram : exc lusion of the false positive
32nd Scientific Sessions of the American Heart Association, Philadelphie, 23-25 octobre 1959, anal. in Circulation, 20 : 4 : 738, octobre 1959.

Standardisation of the Master two-step exercise electrocardiogram 32 nd scientific sessions of the American Heart Association, Philadelphie, 23(25 octobre 1959, anal. in Circulation, 20 : 4 : 738, octobre 1959.

MASTER (A. M.), ROSENFELD (I.) & DONOSO (E.) - The master two step exercise test
Advances Cardiol., 2 : 243, 1959.

MOUTZITHROPOULOS (C.) - Contribution à l'étude des tests de Schellong-Schneider-Kretschmer et du two step avec électrocardiogramme pour l'appréciation de la capacité physique.
Médecine, Education Physique et Sport, III, 149-152.

ROTTA (A.) & LOPEZ (A.) - Electrocardiographic patterns in man at high altitudes
Circulation, 19 : 5 : 719-728, mai 1959.

RUSHMER (R. F.), SMITH (O.) & FRANKLIN (D.) - Mécanismes de contrôle cardiaque après effort
Circulation Research, 7 : 602, 1959

VERDUN de CANTOGNC (L.), LO BUE (B.) & ANFOSSI (B.) - Considérations et constatations sur les variations posturales de l'électrocardiogramme chez un groupe de sujets normaux
Minerva Cardioangiologica, 7 : 264, 1959.

- ABARQUEZ (R.F.) & al. - The precordial electrocardiogram during exercise
Circulation, 22 : 6 : 1060-1068, décembre 1960

FREIMAN (A.H.) & al. - The electrocardiogram during exercise
American Journal of Cardiology, 5 : 4 : 506-515, avril

HELLERSTEIN (H.K.) & HAMLIN (R.) - QRS component fo the spatial vectocardiogram and of the spatial magnitude and velocity electrocardiograms of the normal dogs
American Journal of Cardiology, 6 : 6 : 1049-1061, décembre 1960

HISS (R.G.), LAMB (L.E.) & ALLEN (M.F.) - Electrocardiographic findings in 67,375 asymptomatic subjects X, Normal values
American Journal of Cardiology, 6 : 1 : 200-231, juillet 1960

JACKSON (F.) & DAVIES (H.) - The electrocardiogram of the mountaineer at high altitude
British Heart Journal, 22 : 5 : 671-685, novembre 1960

MANNING (G.W.) - A study of 17,00 electrocardiograms in healthy fit males
American College of Cardiology, Ninth Annual Convention, 25-28 mai, Indianapolis. anal. in American Journal of Cardiology, 5 : 5 : 713-714, mai.

MANNING (G.W.) - An electrocardiographic study of 17,000 fit, young Royal Canadian Air Force Aurcrew applicants
American Journal of Cardiology, 6 : 1 : 70-74, juillet/

RUMBALL (C.A.) & ACHESON (E.D.) - Electrocardiograms of healthy men after strenuous exercise
British Heart Journal, 22, 3 :415-425, juin 1960

SCHERF (D.) - Development of the electrocardiographic exercise test - Standardized versus non-standardized test
American Journal of Cardiology, 5 : 4 : 433-438, avril.

SEGERS (M.) - Les images électrocardiographiques d'effort ventriculaire d'origine fonctionnelle
Communication faite au IIIe congrès Européen de Cardiologie, 18-24, septembre 1960 (Rome), livre des comptes rendus, p. 385-388.

1961 - BELLET (S.), DELYIANNIS (S.) & ELIAKIM (M.) - The electrocardiogram during exercise as recorded by radioelectrocardiography - Comparison with the postexercise electrocardiogram (Master Two-step test)
American Journal of Cardiology, p. 385-400, septembre 1961

BOECKH (E. M.) & HAEBISCH (H.) - Durée des phases électrocardiographiques pendant et après travail statique et dynamique en position horizontale et en position verticale
Z. Kreislauffschg., 50 : 425, 1961.

EVANS (W.) - Electrocardiography as a menas of presaging cardiac pain
British Heart Journal, 23 : 6 : 669-676, novembre

EVANS (W.) & LLOYD THOMAS (H. G.) - The infrequent normal electrocardiogram in cardiac pain
American Heart Journal, 62 : 1 : 51-64, juillet 1961.

FABRE (R.), CHAILLEY BERT (P.) & MERKLEN (H.) - Biologie appliquée à l'Education Physique et Contrôle Médical 1961
J. B. Baillière et Fils - Paris.

GIUSTI (C.), MENGHI (B.) & TORREGGIANI (G. C.) - Analyse vectorielle des modifications électrocardiographiques d'effort chez des sujets normaux
Cuore e Circolazione, 45 : 249, 1961

GOLDBERGER (E.) - Long period continuous electrocardiography of active persons
American Journal of Cardiology, 8 : 4 : 603-604; octobre 1961.

GUILLET & Coll. - Le coeur sportif : aspects cliniques et épreuves fonctionnelles
Concours Médical, p. 1409-1416, 11 mars 1961.

LLOYD THOMAS (H. G.) - The effect of exercise on the electrocardiogram in healthy subjects
British Heart Journal, 23 : 3 : 260-270, mai 1961.

MASTER (A. M.) & ROSENFELD (I.) - Clinical application of the two-step test
J.A.M.A., 178 : 283, 1961.

PALLARDY (G.), HOURGADE (H.) & PLAS (F.) - Contribution à l'étude rédiographique des variations du volume cardiaque à l'effort
Méd. Ed. Physique et Sport III, 177-192, 1961.

PLAS (F.) & LECLERCQ (J.) - Troubles de la conductibilité et de l'excitabilité cardiaque provoqués par la fatigue sportive.
Méd. Ed. Physique et Sport, III, 133-148, 1961.

SANDBERG (S. L.) - Studies on EKG changes during exercise tests
Acta Méd. Scandinav. Suppl. 169 : 365, 1961.

1961-1962 - DIMOND (E. G.) - The exercise electrocardiogram in office practice
C. C. Thomas Edit., Springfield, 1961, anal. in Presse Médicale, 70 : 10 : 489, 24 février 1962.

1962 - BELLET (S.) & Col. - Radioelectrocardiographic changes during strenuous exercise in normal subjects
Circulation, 25 : 4 : 686-694, avril 1962.

CHAILLEY BERT (P.) & PLAS (F.) - Physiologie des activités sportives
1962, J.B. Baillière et Fils - Paris.

FLEISCH (A. O.) - Elektrokardiographie während Belastung unter direlter Kontrolle am Sichtgerät.
Cardiologia, 40 : 235-244, 1962.

FRIEDBERG (C. K.) & Col. - The two-step exercise electrocardiogram. A double-blind evaluation of its use in the diagnosis of angina pectoris.
Circulation, 26, 1254, déc. 2962.

GOBBATO (F.), TURCHETTO (F.) & ZAGARESE (G.) - L'électrocardiogramme de l'athlète. I - différences en rapport avec le sexe
Cardiologia Pratica, 13 : 409, 1962.

GOBBATO (F.), TURCHETTO (F.) & ZAGARISE (G.) - L'électrocardiogramme de l'athlète. II - Différences en rapport avec l'effort pratiqué.
Cardiologia Pratica, 13 : 764, 1962.

ISAACS (M.S.), BRUBAKER (M.D) & RASCH (Ph.) - Electrocardiographic notching and slurring in athletes and untrained men.
Cardiologia, 41 : 121-126, 1962.

MATTINGLY (T.W.) - The postexercise electrocardiogram - Its value in the diagnosis and prognosis of coronary arterial disease
American Journal of Cardiology, 9 : 3 : 395-409, mars.

MENESES HOYOS (L.) - Le coeur d'athlète
Malattie Cardiovascolari, III : 1 : 105-110, mars.

PESTEL (M.) - Intérêt de l'électrocardiographie sur un chantier de haute montagne.
Presse Médicale, 70 : 2 : 105, 13 janvier 1962.

PLAS (F.) - Les signes cardiovasculaires de la fatigue chez le sportif
La Vie Médicale, 43 : M.T. 6 : 115-121, 1962.

SANDERS (R.) - Variations transitoires relatives de la durée de l'intervalle Q-T à l'effort. 1 000 déterminations sur 125 sujets.
Cardiologia, 41 : 40, 1962.

1963 - DALLOZ (C.) - Coeur et sport
Cahiers Médicaux Lyonnais. 39 : 11 : 1061-1067, décembre 1963

MILLEDGE (J.S.) - Electrocardiographic changes at high altitude
British Heart Journal, 25 : 3 : 291-298, mai 1963.

PLAS (F.) - Explorations cardiaques de l'effort
Revue du Praticien, 13 : 19 bis : 1631-1638, mai.

SIMONSON (E.) - Use of the electrocardiogram in exercise tests.
American Heart Journal, 66 : 4 : 552-565, octobre.

STRANEO (G.) - La radio-électrocardiographie au cours du travail pour l'exploration fonctionnelle du coeur
Minerva Cardioangiologica, 11 : 436, 1963.

1963-1964 - STRANDELL (T.) - Electrocardiographic findings at rest, during and after exercise in healthy old men compared with young men
Acta Med. Scandinav., 174, 479, octobre 1963, anal. in Circulation, 30 : 1 : 145, juillet 1964.

1964 - BLACKBURN (H.) & KATIGBAK (R) - What electrocardiographic leads to take after exercice ?
American Heart Journal, 67 : 2 : 184-185, Février 1964.

BLACKBURN (H.), MITCHELL(P.) & IMBIMBO(B.) - The exercise test
At what intervals to record after exercise ?
American Heart Journal,67:2:186-188,février.

FOGHELSON (L.I.) & JAZBURSKIS (B.I.) - La radio-électrocardiographie comme méthode d'étude de l'activité cardiaque durant le travail.
Kardiologhita, 4 : 67, 1964.

KAWAI (C.) & HULTGREN (H.N.) - The effect of digitalis upon the exercise electrocardiogram.
American Heart Journal, 68:3: 409-420, septembre.

KOCH (P.) - A propos du contrôle de l'état cardio-vasculaire.
Compte-rendu du Colloque international Sport et Médecine, 288-293, Vichy, 1964.

MARTINEZ MUNOZ (A.) - El electrocardiograma de velocidad
Revista Espanola de Cardiologia, 17 : 4 : 717-726, octobre 1964.

MASTER (A.M.) & ROSENFELD (I.) - Monitored and post-exercise two step test.
J.A.M.A., 190 : 464, 1964.

ROSENFELD (I.) & MASTER (A.M.) - Recording the electrocardiogram during the performance of the master two-step : II
Circulation,29 :2 : 212-218, février 1964.

ROSENFELD (I.), MASTER (A.M.) & ROSENFELD (C.) - Recording the electrocardiogram during the performance of the Master two-step test : 1
Circulation, 29 : 2 : 204-211, février 1964.

ROSENKRANZ (K.A.) & DREWS (A.) - Méthode de dérivation modifiée pour l'enregistrement d'électrocardiogrammes précordiaux durant l'épreuve d'effort dosée.
Z. Kreislaufforschg., 53 : 615, 1964.

SASAMOTO (H.) & Col. - Studies on electrocardiogram during exercise
Japanese Circulation Journal, 28 : 11 : 833-839, novembre 1964.

SMITH (W.G.), CULLEN (K.J.) & THORBURN (I.O.) - Electrocardiograms of marathon runners in 1962 Commonwealth Games
British Heart Journal, 26 : 4 : 469-476, juillet.

1965 - ASTRAND (I.) - Exercise electrocardiogram recorded wice with on 8 years interval in a group of 204 women and men 48 - 63 years old.
Acta Méd. Scand. 1965, 178, 1, 27-39.

BELLET S. & MULLER (O.)- The elctrocardiogram during exercise, its value in the diagnosis of angina pectoris.
Circulation 32, 477, septembre 1965.

BRUCE (R.A.) & al.- Quantitation of S-T segment response to exercise
38th Scientific Sessions of the American Heart Association, 13-14 octobre 1965, anal. in Circulation, suppl. II to vol. 31-32, p. 60, octobre 1965.

BRUSCHKE (G.), BUTSCHENKO (L.A.) & BURGER (H.) - Untersuchungen über Veräderungen des QT-intervalles im Elektrocardiogramm von Sportlern
Medizin und sport Jonderdruck ans Heft, 22-27, 1 1965.

DOAN (A.E.) & al. - Mypcardial ischemia after maximal exercise in healthy men. A method for detecting potential coronary heart disease ?
American Heart Journal, 69 : 11-21, janvier 1965

FOLLI (A.E.), BINAGHI (G.), GIANI (P.) & ONIDA (L.) - L'électrocardiogramme durant l'effort : technique et premiers résultats d'un test au cyclo-ergomètre.
Malattie Cardiovascolari, 6 : 211, 1965.

HIRSCH (E.Z.) - The effects of digoxin on the electrocardiogram after strenuous exercise in normal men.
American Heart Journal, 70 : 2 : 196-203, août 1965.

Effects of digoxin on the electrocardiogram after strenuous exercise in normal men
II. Effect of potassium chloride with and without insulin on the exercise electrocardiogram of digitalized subjects.
American Heart Journal, 70 : 2 : 204-207, aout 1965.

KAST (G.) & KLEPZIG (H.) - Importance clinique de l'onde U négative dans l'épreuve d'effort
Z. Kreilsaufforschg, 54 : 1156, 1965.

KUBOTA (K.)- Studies on the electrocardiogram in exercise
Japanèse Circulation Journal, 29 : 2 : 748-751, août

LEONIS - Contribution à l'étude des modifications de l'E.C.G. chez les jeunes athlètes
Arch. Sc. Med (Turin), 1965, 119, 5,267, 86

LISTER (J.W.) & col. - La conduction auriculo-ventriculaire chez l'homme. Influence du rythme cardiaque, de l'effort physique, de l'isoprotérénol et de l'atropine sur l'interval P.R.
Ameri. J. Cardiol., 1965, 16, 4, 516, 23.

LYNCH (M.E.), KOFF (A.M.) & Mc LEAN (C.E.) - Electrecardiographie d'effort au cabinet médical. Technique simplifiée.
Vascular Dis. 2 : 208, 1965.

MERLEN (J.P.), NIQUET (G.) - Intérêt de la mesure de la phase isométrique de la contraction cardiaque.
Méd. Ed. Phys. et Sport, 1965, 39, 4, 249-253.

MINX (W.) & MELLEROWIEZ (H.) - L'électrocardiogramme dans les prestations ergométriques
Z. Kreislaufforschg, 54 : 448, 1965.

NICOLAI (P.) - L'électrocardiogramme du sportif
Sud. Méd. Chir. 1965, 2518, 7.

PHIBBS (B.) - Monitored exercise electrocardiograms
American Journal of Cardiology, 15 : 5 : 738-740, mqi

PUDDU (V.), MENOTTI (A.) & BLACKBURN (H.W.) - Observations on T wave after effort in active and sedentary working men
Acta Cardiologica, 20 : 3 : 210-217, 1965.

RAUTAHARJU (P.) & BLACKBURN (H.) - The exercise electrocardiogram - expérience in analysis of noisy cardiograms with a small computer.
American Heart Journal, 69 : 4 : 515-520, avril 1965.

TOOR (M.) & al. - Electrocardiographic changes during daily work and acute exercise in permanent inhabitants of hot areas.
American Heart Journal, 69 : 2 : 181-194, février 1965

1966 - BELLET (S.) & ROMAN (L.) - The effect of exercise in postural changes in the electrocardiogram.
Circulation, 33 : 1 : 117-123, janvier 1966

BELLET (S.), ROMAN (L.) & NICHOLS (G.J.) - Correlation of the electrocardiographic exercise test and blood chloesterol.
American Journal of Cardiology, 17 : 1 : 43-46, janvier

BERKSON (D.M.), STAMLER (J.) & JACKSON (W.) - The precordial electrocardiogram during and after strenuous exercise
American Journal of Cardiology, 18 : 1 : 45-51, juillet.

BLACKBURN (H.) et cbl. - The exercise ECG test. At what intervals to record after exercise ?
AM; Heart J. 67, 186, fév. 1966.

BROUSTET (P.), BRICAUD (H.) & SAGARDILUZ (I.) - Intérêt de l'enregistrement éléectrocardiographique continu au cou de l'effort
Archives des Maladies du Coeur, 59 : 7 : 1023-1040.

BROUSTET (P.), BRICAUD (H.) & SAGARDILUZ (I.) - Intérêt de l'enregistrement éléectrocardiographique continu au cours de l'effort.
Société Française de Cardiologie, séance du 20 mars 1966, anal. in Archives des Maladies du Coeur, p. 647-648, avril 1966.

CHIESA (F.), CERRI (A.) & SCARSELLI (S.) - Studio fonocardiografico dei soffi sistoli da sforzo richerche condotte sul soggetto normale e sull'atleta.
Cuore e Circolazione, L : 4 : 203-223, août 1966.

HANTZCCHEL K. et col. - Electrocardiogramme avant et après marathon
J. Sport Méd. 1966, 6, 28-32.

HARRIS (C.W.) & HANSEN (J.E.) - Electrocardiographic changes during exposure to high altitude
American Journal of Cardiology, 18 : 2 : 183-190, août 1966.

IRISAWA (H.) & SEYAMA (I.) - The configuration of the P wave during mild exercise.
American Heart Journal, 71 : 4 : 467-472, avril.

MASON (R.E.) & LIKAR (I.) - A new system of multiple-lead exercise electrocardiography.
American Heart Journal, 71 : 2 : 196-205, février.

PLAS (F.) - Les troubles électrocardiographiques observés en médecine sportive et aéronautique
Rev. inform. corps méd. 4, 23, février 1966.

PLATZEK (S.) & col. - Exertion E.C.G. in athletes as an aid for determining the training status.
Deutsch Gesundh 1966, 21, 1, 116-121.

VACHER (J.) & FOURRE (J.M.) - A propos de la surveillance médicale pratique des sportifs.
Semaine des Hôpitaux, 42 : 22 : 1401-1404, 8 mai.

1967 - BUTSCHENKO (L.A.) - Das Ruhe und belastung EKG bei sportlern - 1967
Johann Ambrosius Barth - Leipzig

BUTSCHENKO (L.A.) & NEUMANN (G.) - Dynamik des elektrokardiogramms während Kärperlicher Belastung und in der Erholungsperiode
Medizin und sport - Sonderdruck aus Helf 58 à 63, 2/1967.

VU, Le Président de Thèse

Professeur J. VACHER

VU, Le Doyen de la Faculté de
Médecine et de Pharmacie de TOURS

Professeur G. DESBUQUOIS

VU, et permis d'imprimer

Le Recteur de l'Académie d'ORLEANS

G. ANTOINE